

国家职业资格培训教材



数控铣工/ 加工中心操作工 (技师、高级技师) 操作技能鉴定 试题集锦与考点详解

国家职业资格培训教材编审委员会 组编
张智敏 主编

依据最新国家职业标准编写，紧扣鉴定考核要求

精选20套全真试题，重点、难点、考点详细解析

国家级考评员精心点评，快速提升学习效率



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

国家职业资格培训教材

数控铣工/加工中心操作工 (技师、高级技师) 操作技能 鉴定试题集锦与考点详解

国家职业资格培训教材编审委员会 组编

主 编 张智敏

参 编 张有力 李万红 韩英树



机械工业出版社

本教材是针对国家职业技能鉴定操作技能考试的需要,参照《国家职业标准》数控铣工、加工中心操作工(技师和高级技师)的要求,按技能考核鉴定点进行实战设计的。本教材共收录了20个职业技能鉴定样例,这些样例大都来自各省市区及国家题库。每个样例着重分析了考核要求、加工准备与加工要求、相关加工工艺和编程方法,并且给出了FANUC Oi系统的参考程序,最后对本样例中的考点进行了提炼与解析。样例编排由浅入深,每个样例既有独立性,相互之间又有一定的内在联系。

本教材既可作为各级职业技能鉴定培训机构、企业培训部门、职业技术学院、技工院校考前培训的强化训练教材,又可作为参加职业技能鉴定读者的考前操作技能实战训练用书。

图书在版编目(CIP)数据

数控铣工/加工中心操作工(技师、高级技师)操作技能鉴定试题集锦
与考点详解/张智敏主编. —北京:机械工业出版社,2014.7

国家职业资格培训教材

ISBN 978-7-111-47446-3

I. ①数… II. ①张… III. ①数控机床—铣床—技术培训—习题集
②数控机床加工中心—技术培训—习题集 IV. ①TG547—44②TG659—44

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第167013号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:荆宏智 赵磊磊 责任编辑:赵磊磊

版式设计:赵颖喆 责任校对:刘志文

封面设计:鞠 杨 责任印制:李 洋

高教社(天津)印务有限公司印刷

2014年11月第1版第1次印刷

169mm×239mm·16.5印张·330千字

0 001—3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-47446-3

定价:35.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010) 68326294

机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649

机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

国家职业资格培训教材

编审委员会

主 副 委	任 主 任 员	于 珍				
		郝广发 李 奇 洪子英				
		(按姓氏笔画排序)				
		王 蕾	王兆晶	王英杰	王昌庚	田力飞
		刘云龙	刘书芳	刘亚琴	(常务)	朱 华
		沈卫平	汤化胜	李春明	李俊玲	(常务)
		李家柱	李晓明	李超群	李培根	李援瑛
		吴茂林	何月秋	张安宁	张吉国	张凯良
		张敬柱	(常务)	陈玉芝	陈业彪	陈建民
		周新模	郑 骏	杨仁江	杨君伟	杨柳青
		卓 炜	周立雪	周庆轩	施 斌	
		荆宏智	(常务)	柳吉荣	贾恒旦	徐 彤
		黄志良	潘 茵	戴 勇		
顾 策 本 书 参	问 划 主 编 编	吴关昌				
		荆宏智 李俊玲 张敬柱				
		张智敏				
		张有力 李万红 韩英树				

序

为落实国家人才发展战略目标，加快培养一大批高素质的技能型人才，我们精心策划了与原劳动和社会保障部《国家职业标准》配套的《国家职业资格培训教材》。这套教材涵盖41个职业，共172种。教材出版后，受到全国各级培训、鉴定部门和技术工人的欢迎，基本满足了培训、鉴定、考工和读者自学的需要，为培养技能人才发挥了重要作用，本套教材也因此成为国家职业资格培训的品牌教材。JJJ——“机工技能教育”品牌已深入人心。

按照国家“十一五”高技能人才培养体系建设的主要目标，到“十一五”期末，全国技能劳动者总量将达到1.1亿人，高级工、技师、高级技师总量均有大幅增加。因此，从2005年至2009年的五年间，参加职业技能鉴定的人数和获取职业资格证书的人数年均增长达10%以上，2009年全国参加职业技能鉴定和获取职业资格证书的人数均已超过1200万人。这种趋势在“十二五”期间还将会得以延续。

为满足职业技能鉴定培训的需要，我们经过充分调研，决定在已经出版的理论、技能、题库合一的《国家职业资格培训教材》的基础上，贯彻“围绕考点，服务鉴定”的原则，紧扣职业技能鉴定考核要求，根据企业培训部门、技能鉴定部门和读者的不同需求进行细化，分别编写**理论鉴定培训教材系列**、**操作技能鉴定试题集锦与考点详解系列**和**职业技能鉴定考核题库系列**。

1.《国家职业资格培训教材——理论鉴定培训教材系列》：针对国家职业技能鉴定理论知识考试的需要，参照《国家职业技能标准》的要求编写，主要用于考证前的理论培训。它主要有以下特色：

- 汲取国家职业资格培训教材精华——保留国家职业资格培训教材的精华内容，考虑企业和读者的需要，重新整合、更新、补充和完善培训教材的内容。

- 依据最新国家职业标准要求编写——以《国家职业技能标准》要求为依据，以“实用、够用”为宗旨，以便于培训为前提，提炼重点培训和复习的内容。

- 紧扣国家职业技能鉴定考核要求——按复习指导形式编写，教材中的知识点紧扣职业技能鉴定考核的要求，针对性强，适合技能鉴定考试前培训使用。

2.《国家职业资格培训教材——操作技能鉴定试题集锦与考点详解系列》：针对国家职业技能鉴定操作技能考试的需要编写。本套教材按实战进行设计，对考点进行详细解析，定位于操作技能考试前的突击冲刺、强化训练。它主要有以下特色：

- 依据明确，具有针对性——依据技能考核鉴定点设计，目的明确。

- 内容全面，具有典型性——图样、评分表、准备清单，完整齐全。
- 解析详细，具有实用性——图解形式，操作步骤和考点解析详细。
- 练考结合，具有实战性——单项训练题、综合训练题，步步提升。

3. 《国家职业资格培训教材——职业技能鉴定考核试题库系列》：针对技能培训和参加技能鉴定人员复习、考核和自检自测的需要编写。它主要有以下特色：

- 考核重点、理论题、技能题、答案、模拟试卷齐全。
- 初级、中级、高级、技师、高级技师各等级全包括。
- 试题典型性、代表性、针对性、通用性、实用性强。
- 内含职业技能鉴定试题、全国及部分省市大赛试题。

这些教材是《国家职业资格培训教材》的扩充和完善，目的是满足不同的需求，将“机工技能教育”品牌发扬光大。在编写时，我们重点考虑了以下几个方面：

在工种选择上，选择了机电行业的车工、铣工、钳工、机修钳工、汽车修理工、制冷设备维修工、铸造工、焊工、冷作钣金工、热处理工、涂装工、维修电工等近二十个主要工种。

在编写依据上，依据最新国家职业标准要求，紧扣职业技能鉴定考核要求编写。对没有国家职业标准，但社会需求量大且已单独培训和考核的职业，则以相关国家职业标准或地方鉴定标准和要求为依据编写。

在内容安排上，提炼应重点培训和复习的内容，突出“实用、够用”，重在教会读者掌握必需的专业知识和技能，掌握各种类型题的应试技巧和方法。

在作者选择上，共有十几个省、自治区、直辖市相关行业 200 多名工程技术人员、教师、技师和高级技师等从事技能培训和考工的专家参加编写。他们既了解技能鉴定的要求，又具有丰富的教材编写经验。

全套教材既可作为各级职业技能鉴定培训机构、企业培训部门的考前培训教材，又可作为读者考前复习和自测使用的复习用书，也可供职业技能鉴定部门在鉴定命题时参考，还可作为职业技术学院、技工院校、各种短训班的专业课教材。

在这套教材的调研、策划、编写过程中，曾经得到许多企业、鉴定培训机构有关领导、专家、工程技术人员、技师和高级技师的大力支持和帮助，在此表示衷心的感谢！

虽然我们在编写这套培训教材中尽了很大努力，但教材中难免存在不足之处，诚恳地希望专家和广大读者批评指正。

国家职业资格培训教材编审委员会

前 言

随着机电一体化技术的迅速发展，数控机床的应用已日趋普及，现代制造业广泛采用数控技术以提高工件的加工精度和生产率。随着数控机床的大量使用，社会对数控技术人才的需求也越来越大。为了加强数控技能人员编程与操作的规范性，原劳动和社会保障部在以前相关标准的基础上，于 2005 年分别制订了数控铣工和加工中心操作工的国家职业标准。各省市也在根据这些标准进行相应的技术等级鉴定。越来越多的数控机床操作人员通过技能鉴定考试取得了职业资格证书。但是，很多参加技能鉴定考核的人员对技能鉴定试题考点了解得还不是很清楚，而且目前市场上针对技能等级鉴定的图书还不是很很多，为此我们组织有关专家编写了《数控铣工/加工中心操作工（技师、高级技师）操作技能鉴定试题集锦与考点详解》一书。

本教材是针对国家职业技能鉴定操作技能考试的需要，参照《国家职业标准》数控铣工、加工中心操作工（技师、高级技师）的要求，按技能考核鉴定点进行实战设计的。本教材共收录了 20 个职业技能鉴定样例，这些样例大都来自各省市及国家题库。每个样例着重分析了考核要求、加工准备与加工要求、相关加工工艺和编程方法，并且给出了 FANUC Oi 系统的参考程序，最后对本样例中的考点进行了提炼。样例编排由浅入深，每个样例既有独立性，相互之间又有一定的内在联系。

本教材由张智敏任主编，张有力、李万红、韩英树参加编写。本教材在编写过程中得到了辽宁省、山东省、河南省、河北省、江苏省、上海市等地技能鉴定部门的大力支持，在此深表感谢。

由于编者水平有限，书中难免存在错误和不足之处，恳请广大读者给予批评指正。

编 者

目 录

序

前言

国家职业标准对数控铣工（技师、高级技师）的工作要求	1
国家职业标准对加工中心操作工（技师、高级技师）的工作要求	5
通过职业技能鉴定考核的技巧	9
职业技能鉴定样例 1	11
职业技能鉴定样例 2	24
职业技能鉴定样例 3	38
职业技能鉴定样例 4	49
职业技能鉴定样例 5	59
职业技能鉴定样例 6	68
职业技能鉴定样例 7	80
职业技能鉴定样例 8	95
职业技能鉴定样例 9	112
职业技能鉴定样例 10	126
职业技能鉴定样例 11	141
职业技能鉴定样例 12	151
职业技能鉴定样例 13	158
职业技能鉴定样例 14	170
职业技能鉴定样例 15	187
职业技能鉴定样例 16	197
职业技能鉴定样例 17	209
职业技能鉴定样例 18	223
职业技能鉴定样例 19	234
职业技能鉴定样例 20	245
参考文献	255

国家职业标准对数控铣工（技师、高级技师）的工作要求

技师			
职业功能	工作内容	技能要求	相关知识
一、加工准备	（一）读图与绘图	1. 能绘制工装装配图 2. 能读懂常用数控铣床的机械原理图及装配图	1. 工装装配图的画法 2. 常用数控铣床的机械原理图及装配图的画法
	（二）制定加工工艺	1. 能编制高难度、精密、薄壁零件的数控加工工艺规程 2. 能对零件的多工种数控加工工艺进行合理性分析，并提出改进建议 3. 能够确定高速加工的工艺文件	1. 精密零件的工艺分析方法 2. 数控加工多工种工艺方案合理性的分析方法及改进措施 3. 高速加工的原理
	（三）零件定位与装夹	1. 能设计与制作高精度箱体类，叶片、螺旋桨等复杂零件的专用夹具 2. 能对现有的数控铣床夹具进行误差分析并提出改进建议	1. 专用夹具的设计与制造方法 2. 数控铣床夹具的误差分析及消减方法
	（四）刀具准备	1. 能够依据切削条件和刀具条件估算刀具的使用寿命，并设置相关参数 2. 能根据难加工材料合理选择刀具材料和切削参数 3. 能推广使用新知识、新技术、新工艺、新材料、新型刀具 4. 能进行刀具刀柄的优化使用，提高生产效率，降低成本 5. 能选择和使用适合高速切削的工具系统	1. 切削刀具的选用原则 2. 延长刀具寿命的方法 3. 刀具新材料、新技术知识 4. 刀具使用寿命的参数设定方法 5. 难切削材料的加工方法 6. 高速加工的工具系统知识
二、数控编程	（一）手工编程	能够根据零件与加工要求编制具有指导性的变量编程程序	变量编程的概念及其编制方法
	（二）计算机辅助编程	1. 能够利用计算机高级语言编制特殊曲线轮廓的铣削程序 2. 能够利用计算机 CAD/CAM 软件对复杂零件进行实体或曲线曲面造型 3. 能够编制复杂零件的三轴联动铣削程序	1. 计算机高级语言知识 2. CAD/CAM 软件的使用方法 3. 三轴联动的加工方法
	（三）数控加工仿真	能够利用数控加工仿真软件分析和优化数控加工工艺	数控加工工艺的优化方法

(续)

职业功能	工作内容	技能要求	相关知识
三、数控铣床操作	(一) 程序调试与运行	能够操作立式、卧式以及高速铣床	立式、卧式以及高速铣床的操作方法
	(二) 参数设置	能够针对机床现状调整数控系统相关参数	数控系统参数的调整方法
四、零件加工	(一) 特殊材料加工	能够进行特殊材料零件的铣削加工, 并达到如下要求: (1) 尺寸公差等级达 IT8 级 (2) 几何公差等级达 IT8 级 (3) 表面粗糙度达 $Ra3.2\mu m$	特殊材料的材料学知识 特殊材料零件的铣削加工方法
	(二) 薄壁加工	能够进行带有薄壁的零件加工, 并达到如下要求: (1) 尺寸公差等级达 IT8 级 (2) 几何公差等级达 IT8 级 (3) 表面粗糙度达 $Ra3.2\mu m$	薄壁零件的铣削方法
	(三) 曲面加工	1. 能进行三轴联动曲面的加工, 并达到如下要求: (1) 尺寸公差等级达 IT8 级 (2) 几何公差等级达 IT8 级 (3) 表面粗糙度达 $Ra3.2\mu m$ 2. 能够使用四轴以上铣床与加工中心对叶片、螺旋桨等复杂零件进行多轴铣削加工, 并达到如下要求: (1) 尺寸公差等级达 IT8 级 (2) 几何公差等级达 IT8 级 (3) 表面粗糙度达 $Ra3.2\mu m$	三轴联动曲面的加工方法 四轴以上铣床/加工中心的使用方法
	(四) 易变形件加工	能进行易变形零件的加工, 并达到如下要求: (1) 尺寸公差等级达 IT8 级 (2) 几何公差等级达 IT8 级 (3) 表面粗糙度达 $Ra3.2\mu m$	易变形零件的加工方法
	(五) 精度检验	能够进行大型、精密零件的精度检验	精密量具的使用方法 精密零件的精度检验方法
五、维护与故障诊断	(一) 机床日常维护	能借助字典阅读数控设备的主要外文信息	数控铣床专业外文知识
	(二) 机床故障诊断	能够分析和排除液压和机械故障	数控铣床常见故障诊断及排除方法
	(三) 机床精度检验	能够进行机床定位精度、重复定位精度的检验	机床定位精度检验、重复定位精度检验的内容及方法

(续)

职业功能	工作内容	技能要求	相关知识
六、培训与管理	(一) 操作指导	能指导本职业中级、高级进行实际操作	操作指导书的编制方法
	(二) 理论培训	能对本职业中级、高级进行理论培训	培训教材的编写方法
	(三) 质量管理	能在本职工作中认真贯彻各项质量标准	相关质量标准
	(四) 生产管理	能协助部门领导进行生产计划、调度及人员的管理	生产管理基本知识
	(五) 技术改造与创新	能够进行加工工艺、夹具、刀具的改进	数控加工工艺综合知识

高级技师

职业功能	工作内容	技能要求	相关知识
一、工艺分析与设计	(一) 读图与绘图	1. 能绘制复杂工装装配图 2. 能读懂常用数控铣床的电气、液压原理图 3. 能够组织中级、高级、技师进行工装协同设计	1. 复杂工装设计方法 2. 常用数控铣床电气、液压原理图的画法 3. 协同设计知识
	(二) 制定加工工艺	1. 能对高难度、高精密零件的数控加工工艺方案进行合理性分析, 提出改进意见并参与实施 2. 能够确定高速加工的工艺方案 3. 能够确定细微加工的工艺方案	1. 复杂、精密零件机械加工工艺的系统知识 2. 高速加工机床的知识 3. 高速加工的工艺知识 4. 细微加工的工艺知识
	(三) 工艺装备	1. 能独立设计复杂夹具 2. 能在四轴和五轴数控加工中对由夹具精度引起的零件加工误差进行分析, 提出改进方案, 并组织实施	1. 复杂夹具的设计及使用知识 2. 复杂夹具的误差分析及消减方法 3. 多轴数控加工的方法
	(四) 刀具准备	1. 能根据零件要求设计专用刀具, 并提出制造方法 2. 能系统地讲授各种切削刀具的特点和使用方法	1. 专用刀具的设计与制造知识 2. 切削刀具的特点和使用方法

(续)

职业功能	工作内容	技能要求	相关知识
二、零件加工	(一) 异形零件加工	能解决高难度、异形零件加工的技术问题,并制定工艺措施	高难度零件的加工方法
	(二) 精度检验	能够设计专用检具,检验高难度、异形零件	检具设计知识
三、机床维护与精度检验	(一) 数控铣床维护	1. 能借助字典看懂数控设备的主要外文技术资料 2. 能够针对机床运行现状合理调整数控系统相关参数	数控铣床专业外文知识
	(二) 机床精度检验	能够进行机床定位精度、重复定位精度的检验	机床定位精度、重复定位精度的检验和补偿方法
	(三) 数控设备网络化	能够借助网络设备和软件系统实现数控设备的网络化管理	数控设备网络接口及相关技术
四、培训与管理	(一) 操作指导	能指导本职业中级、高级和技师进行实际操作	操作理论教学指导书的编写方法
	(二) 理论培训	1. 能对本职业中级、高级和技师进行理论培训 2. 能系统地讲授各种切削刀具的特点和使用方法	1. 教学计划与大纲的编制方法 2. 切削刀具的特点和使用方法
	(三) 质量管理	能应用全面质量管理知识,实现操作过程的质量分析与控制	质量分析与控制方法
	(四) 技术改造与创新	能够组织实施技术改造和创新,并撰写相应的论文	科技论文的撰写方法

国家职业标准对加工中心操作工（技师、高级技师）的工作要求

技师

职业功能	工作内容	技能要求	相关知识
一、加工准备	（一）读图与绘图	1. 能绘制普通工装装配图 2. 能读懂常用加工中心的机械原理图及装配图 3. 能够读懂加工中心自动换刀系统、旋转工作台分度机构的装配图 4. 能够读懂高速铣床/加工中心电主轴系统的装配图	1. 工装装配图的画法 2. 常用加工中心的机械原理图及装配图的画法 3. 加工中心换刀系统、旋转工作台分度机构的基本构造知识 4. 高速铣床/加工中心电主轴结构与功能的基本知识
	（二）制定加工工艺	1. 能编制高难度、高精度箱体类、支架类等复杂零件、易变形零件的数控加工工艺文件 2. 能对零件的数控加工工艺进行合理性分析，并提出改进建议 3. 能够确定高速加工的工艺文件	1. 精密与复杂零件的工艺分析方法 2. 数控加工工艺方案合理性的分析方法及改进措施 3. 高速加工的原理
	（三）零件定位与装夹	1. 能设计与制作高精度箱体类，叶片、螺旋桨等复杂零件的专用夹具 2. 能对加工中心夹具进行误差分析并提出改进建议	1. 专用夹具的设计与制造方法 2. 加工中心夹具的误差分析及消减方法
	（四）刀具准备	1. 能够依据切削条件和刀具条件估算刀具的使用寿命，并设置相关参数 2. 能根据难加工材料合理选择刀具材料和切削参数 3. 能推广使用新知识、新技术、新工艺、新材料、新型刀具 4. 能进行刀具刀柄的优化使用，提高生产效率，降低成本 5. 能选择和使用适合高速切削的工具系统	1. 切削刀具的选用原则 2. 延长刀具寿命的方法 3. 刀具新材料、新技术知识 4. 刀具使用寿命的参数设定方法 5. 难切削材料的加工方法 6. 高速加工的工具系统知识

(续)

职业功能	工作内容	技能要求	相关知识
二、数控编程	(一) 手工编程	能够根据零件与加工要求编制具有指导性的变量编程程序	变量编程的概念及其编制方法
	(二) 计算机辅助编程	1. 能够利用计算机高级语言编制特殊曲线轮廓的铣削程序 2. 能够利用计算机 CAD/CAM 软件对复杂零件进行实体或曲线曲面造型 3. 能够编制复杂零件的三轴联动铣削程序 4. 能够编制四轴或五轴联动铣削程序	计算机高级语言知识 CAD/CAM 软件的使用方法 加工中心四轴、五轴联动的加工方法
	(三) 数控加工仿真	能够利用数控加工仿真软件分析和优化数控加工程序	数控加工仿真软件的使用方法
三、加工中心操作	(一) 程序调试与运行	能够操作立式、卧式加工中心以及高速铣床/加工中心	立式、卧式加工中心以及高速铣床/加工中心的操作方法
	(二) 刀具信息与参数设置	能够针对机床现状调整数控系统相关参数	数控系统参数的调整方法
四、零件加工	(一) 特殊材料加工	能够进行特殊材料零件的铣削加工, 并达到如下要求: (1) 尺寸公差等级达 IT8 级 (2) 几何公差等级达 IT8 级 (3) 表面粗糙度达 $Ra3.2\mu m$	特殊材料的材料学知识 特殊材料零件的铣削加工方法
	(二) 箱体加工	能够进行复杂箱体类零件加工, 并达到如下要求: (1) 尺寸公差等级达 IT8 级 (2) 几何公差等级达 IT8 级 (3) 表面粗糙度达 $Ra3.2\mu m$	复杂箱体零件的加工方法
	(三) 曲面加工	能够使用四轴以上铣床与加工中心对叶片、螺旋桨等复杂零件进行多轴铣削加工, 并达到如下要求: (1) 尺寸公差等级达 IT8 级 (2) 几何公差等级达 IT8 级 (3) 表面粗糙度达 $Ra3.2\mu m$	四轴以上铣床/加工中心的使用方法
	(四) 孔系加工	能够进行多角度孔加工, 并达到如下要求: (1) 尺寸公差等级达 IT7 级 (2) 几何公差等级达 IT8 级 (3) 表面粗糙度达 $Ra3.2\mu m$	多角度孔的加工方法
	(五) 精度检验	能够进行大型、精密零件的精度检验	精密量具的使用方法 精密零件的精度检验方法

(续)

职业功能	工作内容	技能要求	相关知识
五、维护与故障诊断	(一) 加工中心日常维护	能借助字典阅读数控设备的主要外文信息	加工中心专业外文知识
	(二) 加工中心故障诊断	能够分析和排除机械故障	加工中心常见故障诊断及排除方法
	(三) 机床精度检验	能够进行机床定位精度、重复定位精度的检验	机床定位精度检验、重复定位精度检验的内容及方法
六、培训与管理	(一) 操作指导	能指导本职业中级、高级进行实际操作	操作指导书的编制方法
	(二) 理论培训	能对本职业中级、高级进行理论培训	培训教材的编写方法
	(三) 质量管理	能在本职工作中认真贯彻各项质量标准	相关质量标准
	(四) 生产管理	能协助部门领导进行生产计划、调度及人员的管理	生产管理基本知识
	(五) 技术改造与创新	能够进行加工工艺、夹具、刀具的改进	数控加工工艺综合知识

高级技师

职业功能	工作内容	技能要求	相关知识
一、工艺分析与设计	(一) 读图与绘图	1. 能绘制复杂工装装配图 2. 能读懂常用加工中心高速铣床/加工中心的电气、液压原理图 3. 能够组织中级、高级、技师进行工装协同设计	1. 复杂工装设计方法 2. 常用加工中心电气、液压原理图的画法 3. 协同设计知识
	(二) 制定加工工艺	1. 能对高难度、高精密零件的数控加工工艺方案进行合理性分析, 提出改进意见并参与实施 2. 能够确定高速加工的工艺方案 3. 能够确定细微加工的工艺方案	1. 复杂、精密零件机械加工工艺的系统知识 2. 高速加工机床的知识 3. 高速加工的工艺知识 4. 细微加工的工艺知识
	(三) 零件定位与装夹	1. 能独立设计加工中心的复杂夹具 2. 能在四轴和五轴数控加工中对由夹具精度引起的零件加工误差进行分析, 提出改进方案, 并组织实施	1. 复杂加工中心夹具的设计及使用知识 2. 复杂夹具的误差分析及消减方法 3. 多轴数控加工的方法
	(四) 刀具准备	1. 能根据零件要求设计专用刀具, 并提出制造方法 2. 能系统地讲授各种切削刀具的特点和使用方法	1. 专用刀具的设计与制造知识 2. 切削刀具的特点和使用方法

(续)

职业功能	工作内容	技能要求	相关知识
二、零件加工	(一) 异形零件加工	能解决高难度、异形零件加工的技术问题,并制定工艺措施	高难度零件的加工方法
	(二) 精度检验	能够设计专用检具,检验高难度、异形零件	检具设计知识
三、机床维护与精度检验	(一) 数控铣床维护	1. 能借助字典看懂数控设备的主要外文技术资料 2. 能够针对机床运行现状合理调整数控系统相关参数	数控铣床专业外文知识
	(二) 机床精度检验	能够进行机床定位精度、重复定位精度的检验	机床定位精度、重复定位精度的检验和补偿方法
	(三) 数控设备网络化	能够借助网络设备和软件系统实现数控设备的网络化管理	数控设备网络接口及相关技术
四、培训与管理	(一) 操作指导	能指导本职业中级、高级和技师进行实际操作	操作理论教学指导书的编写方法
	(二) 理论培训	1. 能对本职业中级、高级和技师进行理论培训 2. 能系统地讲授各种切削刀具的特点和使用方法	1. 教学计划与大纲的编制方法 2. 切削刀具的特点和使用方法
	(三) 质量管理	能应用全面质量管理知识,实现操作过程的质量分析与控制	质量分析与控制方法
	(四) 技术改造与创新	能够组织实施技术改造和创新,并撰写相应的论文	科技论文的编写方法

通过职业技能鉴定考核的技巧

职业技能鉴定考试不是一个精品考试，而是一个合格考试，即不要求操作者得满分，只要求操作者达到及格线即可。因此，操作者在应会操作过程中一定要注意应试技巧，从而顺利通过相应的技能鉴定应会考核。

1. 实操考核的操作要求

在职业技能鉴定考试过程中，为了取得较好的应会操作成绩，对操作者提出了较高的操作要求，即要求操作者在实操过程中以最合理的工艺方案、最有效的精度保证、最佳的刀具路径、最短的时间完成试件加工。

1) 最合理的工艺方案。最合理的工艺方案是指采用最少的进给次数，实现最快捷的去除方式、最方便的工件自检，同时又能在规定时间内完成试件加工的工艺方案。

2) 最有效的精度保证。精度是零件加工中最重要的指标，精度决定零件价值。在实操过程中，操作者应合理安排加工顺序，灵活运用各种加工刀具，注意装夹对试件加工精度的影响，从实际出发分配粗、精加工余量，适时调整切削参数，充分利用各种量具和数控系统功能，及时对试件进行直接或间接测量，确保工件加工精度和配合精度。

3) 最佳的刀具路径。最佳的刀具路径是指在保证加工精度和表面粗糙度的前提下，数值计算最简单、进给路线最短、空行程少、编程量小、程序短、简单易行的刀具路径。

4) 最短的时间。熟练的操作、快捷的编程、选择正确的切入点、合理使用刀具、优选切削用量、把握加工节奏、粗精加工分开等因素是力争在规定时间内完成加工项目的重要保障。

2. 实操考核的应试策略

良好的数控职业技能鉴定应试策略也是顺利通过职业技能考核的关键，常用的实操应试策略如下：

1) 确定加工流程。在加工过程中应全盘考虑每一个表面的加工次序，绝对不能出现工件加工到一半无法继续加工的情况。

2) 注意各项精度配分值的大小。通过合理分析配分表并根据考试时间要求，选择配分大、容易保证的尺寸进行精加工，而适当放弃一些配分小、加工难度大的尺寸。

3) 把加工程序分细。由于职业技能鉴定应会考试是单件操作，因此可以用多个程序来完成一道工序。加工过程中可以分成一把刀一个程序，也可以分成一个加

工要素一个程序,这样做既方便校正程序,又方便修正加工精度。

4) 尽可能多用固定循环。采用复合固定循环进行编程,可以使加工程序得到简化,减少程序的输入错误。此外,有些固定循环,如螺纹加工复合固定循环还可以达到优化刀具轨迹的目的。

5) 采用手动操作及 MDI 操作来完成部分切削工作。某些特定的加工,如去除毛坯余量、端面切削、钻孔等操作,采用手动操作显然要比编程操作更简单、更省事。

6) 选用合理的切削用量参数。选择切削用量参数时,可以按经验选取估算值,不必精确,但选择时应适当保守一些,即取偏小值,然后在加工过程中通过机床面板上的按钮进行调整。

7) 保证程序的正确性。在正式加工前,采取“锁住机床空运行”的方式校验程序,并且在显示屏上进行刀具轨迹的绘制。对于这一步操作,最好不要省略。

8) 分段实施,分步推进。实操考试切忌两个极端:一个是没有看清图样上的加工要求,在没有对照配分表和未推敲加工方案的情况下就开始加工,从而导致无法弥补的工艺错误;另一个是迟迟不动手,看图细之又细,方案慎之又慎,自以为“稳扎稳打”,实则延误了时机,导致无法在规定时间内完成工件。

9) 安全第一。确保人身和机床的安全,这是不容置疑的。在考核过程中注意工件和刀具的安全也很重要,为此,在考试过程中一定要保证程序的正确性、安装的牢靠性和操作的规范性。

职业技能鉴定样例 1

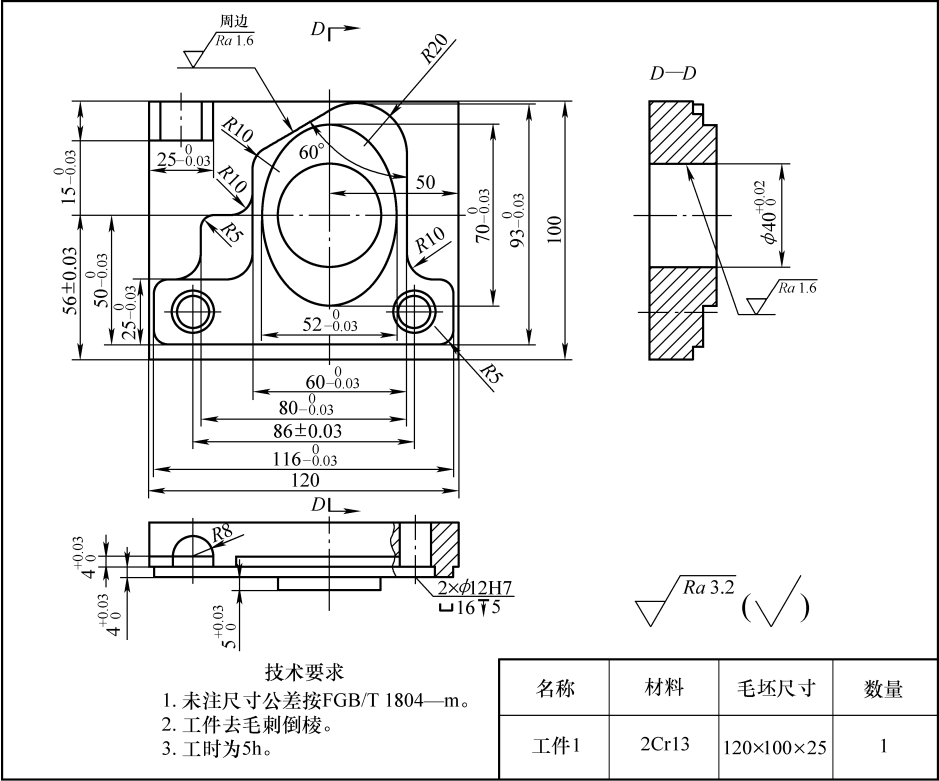
考核目标

- 1. 掌握参数编程应用方法。
- 2. 掌握镗孔加工方法。
- 3. 能够编制特殊材料工件的数控加工程序。

一、考核要求

1. 总体要求

加工图 1-1 所示工件，试分析其加工工艺，并编写数控加工程序。本题分值为 100 分，考核时间为 240min。



a)

图 1-1 工件 1
a) 零件图

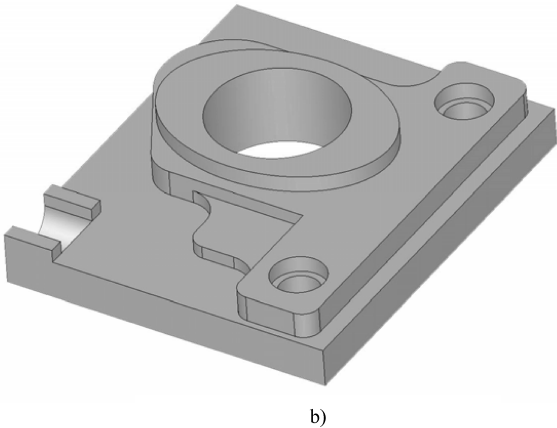


图 1-1 工件 1（续）
b) 实体图

2. 配分及评分标准

1) 操作技能考核总成绩见表 1-1。

表 1-1 操作技能考核总成绩表

序号	考核项目	配分	得分	总分
1	现场操作规范	10		
2	工件质量	90		

2) 现场操作规范评分见表 1-2。

表 1-2 现场操作规范评分表

序号	考核项目	配分	评分标准	得分
1	机床安全操作规程	4	每违反一项规定扣 2 分	
2	工件、刀具的装夹	2	出现一处错误不得分	
3	刀具、工具、量具的规范放置	2	出现一处错误不得分	
4	机床、场地的整理	2	出现一处错误不得分	
合 计				

3) 工件质量评分见表 1-3。

表 1-3 工件质量评分表

序号	考核内容	考核要点	配分	评分标准	得分
1	外形 轮廓	116 ⁰ _{-0.03} mm	3	超差 0.01 mm 扣 1 分	
2		93 ⁰ _{-0.03} mm	3	超差 0.01 mm 扣 1 分	
3		80 ⁰ _{-0.03} mm	3	超差 0.01 mm 扣 1 分	
4		70 ⁰ _{-0.03} mm	3	超差 0.01 mm 扣 1 分	
5		60 ⁰ _{-0.03} mm	3	超差 0.01 mm 扣 1 分	

(续)

序号	考核内容	考核要点	配分	评分标准	得分
6	外形 轮廓	$52\begin{smallmatrix} 0 \\ -0.03 \end{smallmatrix}\text{mm}$	3	超差 0.01mm 扣 1 分	
7		$50\begin{smallmatrix} 0 \\ -0.03 \end{smallmatrix}\text{mm}$	3	超差 0.01mm 扣 1 分	
8		$25\begin{smallmatrix} 0 \\ -0.03 \end{smallmatrix}\text{mm}$	3	超差 0.01mm 扣 1 分	
9		$15\begin{smallmatrix} 0 \\ -0.03 \end{smallmatrix}\text{mm}$	3	超差 0.01mm 扣 1 分	
10		$5\begin{smallmatrix} +0.03 \\ 0 \end{smallmatrix}\text{mm}$	3	超差 0.01mm 扣 1 分	
11		$4\begin{smallmatrix} +0.03 \\ 0 \end{smallmatrix}\text{mm}$	2	超差 0.01mm 扣 1 分	
12		$R5\text{mm}$ 、 $R10\text{mm}$ 、 $R20\text{mm}$	9	超差一处扣 3 分	
13		60°	8	超差不得分	
14	内轮廓 与孔	$\phi 40\begin{smallmatrix} +0.02 \\ 0 \end{smallmatrix}\text{mm}$	4	超差 0.01mm 扣 2 分	
15		$86\text{mm}\pm 0.03\text{mm}$	4	超差 0.01mm 扣 2 分	
16		$56\text{mm}\pm 0.03\text{mm}$	4	超差 0.01mm 扣 2 分	
17		$\phi 12\text{H}7$	4	超差不得分	
18		$R8\text{mm}$ 、 50mm 、 $\phi 16\text{mm}$	12	超差一处扣 4 分	
19	表面粗 糙度	$Ra1.6\mu\text{m}$	2	超差一处扣 1 分，不倒扣	
20		$Ra3.2\mu\text{m}$	2	超差一处扣 1 分，不倒扣	
21	程序 编制	指令正确，程序完整	2	不合理每处扣 1 分	
		数值计算正确，计算简化， 有一定技巧	2	不合理每处扣 1 分	
		刀具补偿功能运用正确、 合理	2	不合理每处扣 1 分	
		切削参数、坐标系选择 正确	2	不合理每处扣 1 分	
22	加工工艺	工件定位、夹紧及刀具选 择合理	3	不合理每处扣 2 分	
		加工顺序及刀具轨迹路线 合理	3		
23	其他项目	工件完整、局部无缺陷	2	出现一处不得分	
		工件按时完成	3	超时不得分	
合 计					

二、加工准备

(1) 设备、材料准备 (见表 1-4)

表 1-4 设备、材料准备

序号	名 称	规 格	单位	数量	备 注
1	数控铣床	400mm × 800mm	台	1	包括随机附件
2	毛 坯	120mm × 100mm × 25mm	件	1	2Cr13

(2) 工、量、刀具准备 (见表 1-5)

表 1-5 工、量、刀具准备

(单位: mm)

序号	名 称	规 格	数 量	备 注
1	游标卡尺	0.02/0 ~ 150	1	
2	游标万能角度尺	2'/0° ~ 320°	1	
3	外径千分尺	0 ~ 25、25 ~ 50、50 ~ 75	各 1	
4	百分表	0.01/0 ~ 10	1	
5	磁性表座		1	
6	内径量表	0.01/18 ~ 35, 0.01/35 ~ 50	1	
7	内径千分尺	0.01/25 ~ 50	1	
8	圆柱塞规	φ12H7	1	
9	游标深度卡尺	0.02/0 ~ 200	1	
10	深度千分尺	0.01/0 ~ 25	1	
11	半径样板	R1 ~ R6.5, R7 ~ R14.5, R15 ~ R25	各 1	
12	钻头	中心钻 A3, φ11.5、φ16、φ38	各 1	
13	机用铰刀	φ12H8	1	
14	立铣刀	φ10、φ16、φ20	各 1	
15	面铣刀	φ60 (R 型面铣刀片)	1	
16	刀柄、夹头	以上刀具相关刀柄、钻夹头、弹簧夹	若干	
17	夹具	精密平口钳及垫铁	1	
18	其他	常用数控铣床辅具	若干	

(3) 说明

1) 出现危及考生或他人安全的状况应终止考试, 如果是由于考生操作失误所致, 考生该题成绩记零分。

2) 因考生操作失误导致设备故障且当场无法排除应终止考试, 考生该题成绩记零分。

3) 因刀具、工具损坏而无法继续应终止考试。

三、零件加工要求分析

1. 图样分析

(1) 工件类型 该工件属于盘类工件, 主要加工平面、平面上的曲线、曲面及孔系。

(2) 工件材料及毛坯 该工件的材质为 2Cr13, 其相对切削加工系数在 0.65 ~ 1.00 之间, 属于稍难切削材料。毛坯外形为 120mm × 100mm × 25mm 的四面体, 四面相互平行, 外形易于装夹。

(3) 加工内容及要求 该工件主要由平面、圆弧表面、曲线轮廓、孔系组成。按照工件的形状特点, 该工件的主要加工内容分为轮廓加工、孔加工、槽加工三部分。

1) 轮廓加工。

① 不规则曲线轮廓, 高度为 13mm, 轮廓尺寸为 $116_{-0.03}^0$ mm, $80_{-0.03}^0$ mm, $60_{-0.03}^0$ mm, $50_{-0.03}^0$ mm, $25_{-0.03}^0$ mm, $15_{-0.03}^0$ mm, R5mm, R10mm, R20mm, 60° , 曲线外轮廓周边的表面粗糙度为 $Ra1.6\mu\text{m}$, 其余均为 $Ra3.2\mu\text{m}$ 。

② 不规则曲线轮廓, 高度为 9mm, 轮廓尺寸为 R10mm, 表面粗糙度为 $Ra1.6\mu\text{m}$ 。

③ 椭圆曲线轮廓, 高度为 $5_{+0.03}^0$ mm, 保证尺寸 $50_{-0.03}^0$ mm, $56\text{mm} \pm 0.03\text{mm}$, 表面粗糙度为 $Ra1.6\mu\text{m}$ 。

2) 孔加工。

① 一个通孔 $\phi 40_{+0.02}^0$ mm, 表面粗糙度为 $Ra1.6\mu\text{m}$ 。

② 两个通孔 $\phi 12\text{H}7$, 表面粗糙度为 $Ra3.2\mu\text{m}$ 。

③ 两个沉孔 $\phi 16\text{mm}$, 深 5mm, 表面粗糙度为 $Ra3.2\mu\text{m}$ 。

3) 槽加工。一个圆弧槽, 保证尺寸 $15_{-0.03}^0$ mm, $25_{-0.03}^0$ mm, R8mm。

2. 工艺分析

(1) 确定工艺基准 加工该工件时选择底面为装夹定位基准。

(2) 难点分析 本例所要加工的椭圆外形, 可以将椭圆的中心设为工件坐标系的原点, 椭圆轮廓上点的坐标值可以用多种方法表示。

用椭圆标准方程表示: $(x^2/a^2) + (y^2/b^2) = 1$ 。

用椭圆参数方程表示 $x = a\cos\theta$, $y = b\sin\theta$ 。

选用何种方式表示椭圆轮廓曲线上“点”的位置, 取决于个人对椭圆方程理解和熟悉的情况。

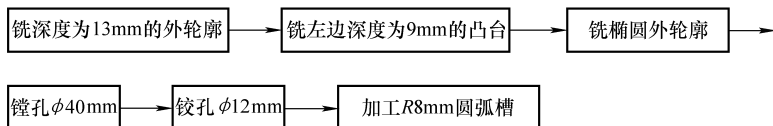
编程加工时, 根据椭圆曲线精度要求, 通过选择极角 θ 的增量, 将椭圆分成若干线段或圆弧, 利用上述公式分别计算轮廓上点的坐标。本例从 $\theta = 90^\circ$ 开始, 将椭圆分成 180 条线段 (每条线段对应的 θ 角增加 2°), 每个循环切削一段, 当 $\theta < -270^\circ$ 时切削结束。

(3) 工艺方案 通过对图样及加工难点的分析, 该工件可以分两道工序完成:

工序一: 以工件底面和侧面找正定位夹紧, 加工工件各轮廓并钻、镗、铰 $\phi 40_{+0.02}^0$ mm, $\phi 12\text{H}7$, $\phi 16\text{mm}$, 保证其与四周的对称度。

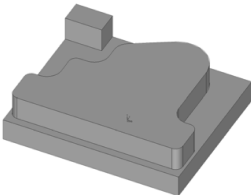
工序二: 以底面和两侧面为找正定位基准并装夹工件, 加工 R8mm 的圆弧槽。

具体的加工路线如下:

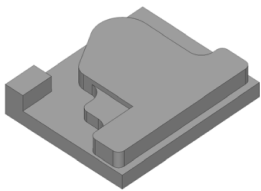
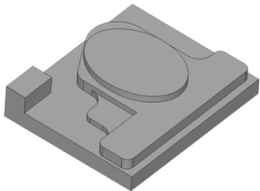


四、程序编制 (见表 1-6)

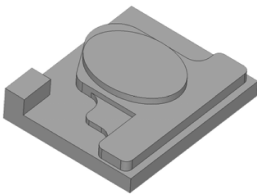
表 1-6 参考程序

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
1	铣深度为 13mm 的外轮廓		<pre> O0011; G90 G94 G21 G40 G54 F100; G91 G28 Z0; M03 S600; G90 G00 X -70.0 Y -60.0; Z30.0 M08; G01 Z -13.0; G41 G01 X -58.0 Y -60.0 D01; Y -26.5; G02 X -53.0 Y -21.5 R5.0; G01 X -45.0; G03 X -40.0 Y -16.5 R10.0; G01 Y -1.5; G02 X -35.0 Y3.5 R5.0; G01 X -30.0; G03 X -20.0 Y13.5 R10.0; G01 Y26.142; G02 X -13.420 Y35.539 R10.0; G01 X11.548 Y44.626; G02 X40.0 Y26.5 R20.0; G01 Y -11.5; G03 X50.0 Y -21.5 R10.0; G01 X53.0; G02 X58.0 Y -26.5 R5.0; G01 Y -41.5; G02 X53.0 Y -46.5 R5.0; G01 X -53.0; G02 X -58.0 Y -41.5 R5.0; G40 G01 X -70.0 Y -60.0 M09; G91 G28 Z0; G90 G00 X -80.0 Y60.0; Z20.0; G01 Z -13.0 F50.0; G41 G01 X -70.0 Y50.0 D01 F100; G01 X -35.0; Y35.0; X -60.0; Y60.0; G40 G01 X -80.0 Y60.0; G91 G28 Z0; M30; </pre>	保证尺寸 $116_{-0.03}^0 \text{ mm}$, $93_{-0.03}^0 \text{ mm}$, $80_{-0.03}^0 \text{ mm}$, $70_{-0.03}^0 \text{ mm}$, $60_{-0.03}^0 \text{ mm}$, $52_{-0.03}^0 \text{ mm}$, $50_{-0.03}^0 \text{ mm}$, $25_{-0.03}^0 \text{ mm}$, $15_{-0.03}^0 \text{ mm}$, $5_{+0.03}^0 \text{ mm}$, $4_{+0.03}^0 \text{ mm}$, $R5\text{mm}$, $R10\text{mm}$, $R20\text{mm}$, 60°, $Ra1.6\mu\text{m}$, $Ra3.2\mu\text{m}$ 用 $\phi 16\text{mm}$ 立铣刀, 01 号刀补。以上表面 对称中心为编程零点

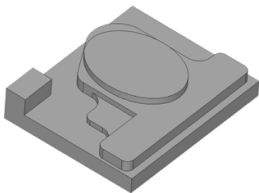
(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
2	铣左边深度为9mm的凸台		O0012; G90 G94 G21 G40 G54 F100; G91 G28 Z0; M03 S600; G90 G00 X-70.0 Y-10.0; Z20.0; G01 Z-9.0 F50.0; G41 G01 X-70.0 Y-21.5 D01 F100; G01 X-30.0; G03 X-20.0 Y-11.5 R10.0; G01 Y50.0; G40 G01 X-20.0 Y60.0; G91 G28 Z0; M30;	保证尺寸 R10mm, 用 $\phi 16\text{mm}$ 立铣刀, 01 号刀补
3	铣椭圆外轮廓		O0013; G90 G17 G40 S600 M03; G00 Z50.0 M08; X-53.0 Y-52.0 ; Z1.0; G01 Z-5.0 F100; X-53.009 Y-51.999; X53.009; X55.67 Y-51.699; X58.207 Y-50.812; X60.482 Y-49.382; X62.382 Y-47.482; X63.812 Y-45.207; X64.699 Y-42.67; X64.73 Y-42.399; X-64.73; X-65.0 Y-40.0; Y-32.799; X-6.556; X-7.515 Y-32.188; X-10.467 Y-29.807; X-13.171 Y-27.107; X-15.614 Y-24.126; X-16.238 Y-23.199; X-64.797; X-64.699 Y-22.33; X-63.812 Y-19.793; X-62.382 Y-17.518; X-60.482 Y-15.618; X-58.207 Y-14.188; X-56.522 Y-13.599; X-21.38; X-22.629 Y-10.046;	椭圆外轮廓粗加工。 留1mm余量。用 $\phi 16\text{mm}$ 立铣刀

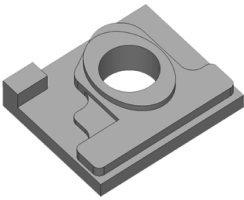
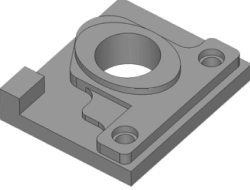
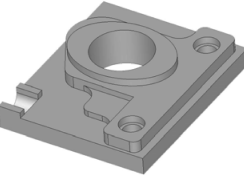
(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
3	铣椭圆外轮廓		X -23.666 Y -6.142 ; X -24.065 Y -3.999 ; X -27.0 ; Y5.601 ; X -24.991 ; X -25.006 Y6.0 ; X -24.857 Y10.088 ; X -24.41 Y14.146 ; X -24.213 Y15.201 ; X -27.0 ; Y22.226 ; X -26.729 Y24.801 ; X -21.660 ; X -21.3 Y25.826 ; X -19.685 Y29.454 ; X -17.788 Y32.898 ; X -16.776 Y34.401 ; X -21.788 ; G00 Z50.0 ; X64.73 Y -42.399 ; Z1.0 ; G01 Z -5.0 ; X65.0 Y -40.0 ; Y -32.799 ; X26.556 ; X27.515 Y -32.188 ; X30.467 Y -29.807 ; X33.171 Y -27.107 ; X35.614 Y -24.126 ; X36.238 Y -23.199 ; X64.797 ; X64.699 Y -22.33 ; X63.812 Y -19.793 ; X62.382 Y -17.518 ; X60.482 Y -15.618 ; X58.207 Y -14.188 ; X56.522 Y -13.599 ; X41.38 ; X42.629 Y -10.046 ; X43.666 Y -6.142 ; X44.065 Y -3.999 ; X47.0 ; Y5.601 ; X44.991 ; X45.006 Y6.0 ; X44.857 Y10.088 ; X44.41 Y14.146 ;	椭圆外轮廓粗加工。 留1mm余量。用φ16mm 立铣刀

(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
3	铣椭圆外轮廓		X44. 213 Y15. 201 ; X47. 0 ; Y24. 801 ; X41. 660 ; X41. 3 Y25. 826 ; X39. 685 Y29. 454 ; X37. 788 Y32. 898 ; X36. 776 Y34. 401 ; X46. 14 ; X45. 610 Y36. 55 ; X43. 907 Y40. 548 ; X41. 723 Y44. 001 ; X27. 747 ; X27. 515 Y44. 188 ; X24. 335 Y46. 213 ; X20. 951 Y47. 843 ; X17. 401 Y49. 04 ; X13. 732 Y49. 773 ; X10. 0 Y50. 02 ; X6. 268 Y49. 773 ; X2. 599 Y49. 04 ; X2. 223 Y48. 913 ; X6. 5 Y51. 383 ; X10. 426 Y53. 245 ; X11. 653 Y53. 601 ; X28. 39 ; X27. 512 Y53. 934 ; X23. 254 Y54. 803 ; X18. 938 Y54. 977 ; X18. 905 ; G00 Z50. 0 M09 ; M30 ;	椭圆外轮廓粗加工。 留 1mm 余量。用 $\phi 16\text{mm}$ 立铣刀
			O0014 ; G90 G94 G21 G40 G54 F100 ; G91 G28 Z0 ; M03 S600 ; G90 G00 X - 20. 0 Y60. 0 ; Z20. 0 ; G01 Z - 5. 0 F50. 0 ; G41 G01 X - 10. 0 Y41. 0 D01 F100 ; G01 X10. 0 ; #1 = 90. 0 ; N100 #2 = 10. 0 + 26. 0 * COS [#1] ; #3 = 6. 0 + 35. 0 * SIN [#1] ; G01 X#2 Y#3 ; #1 = #1 + 2. 0 ; IF [#1GT - 270. 0] GOTO100 ; G40 G01 X20. 0 Y60. 0 ; G91 G28 Z0 ; M30 ;	椭圆外轮廓精加工。 保证位置尺寸 $52_{-0.03}^0\text{mm}$, 用 $\phi 16\text{mm}$ 立铣刀, 01 号刀补

(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
4	镗孔 $\phi 40\text{mm}$		O0015; G90 G94 G21 G40 G54 F50; G91 G28 Z0; M03 S1000; G90 G00 Z50.0; G76 X10.0 Y6.0 Z-30.0 R5.0 Q1000 P1000 F50.0; G80; G91 G28 Z0; M30;	在镗孔之前,先钻孔、铰孔,至孔直径为 $\phi 39.6\text{mm}$,再镗孔,保证孔距 $(56 \pm 0.03)\text{mm}$, 50mm, $Ra1.6\mu\text{m}$ 。孔径为 $\phi 40^{+0.02}_0\text{mm}$
5	铰孔 $\phi 12\text{mm}$		O0016; G90 G94 G21 G40 G54 F50; G91 G28 Z0; M03 S200; G90 G00 Z50.0; G85 X-43.0 Y-34.0 Z-30.0 R5.0 F50; G00 X43.0 Y-34.0 G80; G91 G28 Z0; M30;	先用 $\phi 8.5\text{mm}$ 钻头钻孔,然后铰孔,保证孔距 $(86 \pm 0.03)\text{mm}$
6	加工左边 圆弧槽		O0017; G90 G94 G21 G40 G54; G91 G28 Z0; M03 S600; G90 G00 Z50.0 M08; Z1.0; X12.5 Y-12.0 F100; G01 Z-15.0; Y-25.0; G00 Z50.0 M09; M30;	以左上角点为编程零点,用 $\phi 16\text{mm}$ 立铣刀

五、相关知识

1. 难切削材料的基本知识

随着现代工业的飞速发展,应用于机械零件和各类模具的金属材料有了许多新品种,这些金属材料往往具有强度高、抗氧化能力强、耐高温等特点。这些材料通常含有各种合金元素,使切削加工十分困难,因而被称为难切削材料。

与一般材料相比，难切削材料的切削加工性能差主要反映在以下几个方面：

1) 刀具的使用寿命降低，使得刀具在较短的时间内进入急剧磨损区，失去原有的切削能力。

2) 切屑形成和排出比较困难，切屑的形状、大小不规则，颜色与一般金属材料不同，排屑的方向比较乱。

3) 切削力与单位切削功率大，与一般材料余量相等的切削层，材料的变形抗力增大，切削时刀具与机床的振动大，切削速度受到较大限制。

4) 加工表面的质量差，表面粗糙度值增大，即使在较小的切削余量情况下，也较难达到所要求的表面粗糙度。

工件材料的切削加工性能还可以与 45 钢的切削加工性能相比较，用相对切削加工系数表示。在实际生产中，衡量切削性能难易程度时，可与一般金属材料的切削性能相比较，只要上述几方面中有一项较明显，便应在切削时按难切削材料进行分析，同时采取相应的措施。

常见的难切削材料有高锰钢、淬火钢、高强度钢、不锈钢、钛合金以及纯金属（如纯铜）等。

2. 影响难切削材料切削加工性能的主要因素

影响难切削材料切削加工性能的主要因素包括：强度、硬度、塑性、韧性、热导率、加工硬化等。

1) 硬度和加工硬化现象。材料的切削加工性能随着材料的硬度提高而变差。高强度钢、淬火钢等难切削材料硬度比较高，不锈钢、高温合金钢和某些高锰钢的切削加工硬化现象严重。由于材料硬度高、加工硬化现象严重，会导致切应力增大，切削温度升高，刀具磨损加快，从而影响难切削材料的切削加工性能。

2) 强度。难切削材料的强度一般都很高，有些合金材料（如镍基合金）在一定温度下抗拉强度会达到最大值。由于材料强度高，导致切削时切入阻力增大，因而所需的切削力和切削功率增大，切削时的温度也很高，刀具磨损加快，从而影响难切削材料的切削加工性能。

3) 塑性和韧性。塑性大的材料，其塑性变形抗力增大，故切削力也增大，切削时产生的温度很高，刀具容易发生粘结磨损和扩散磨损，致使工件表面粗糙度值增大，刀具寿命降低；塑性较小的难加工材料（如钛合金），由于塑性变形小，切屑与刀具前刀面接触长度短，切削负荷集中在刀具切削刃上，使刀尖、切削刃附近温度升高，会加剧刀具的磨损。由此可见，塑性较大和较小的难切削材料均会使其切削加工性能变差。材料的韧性主要影响切屑的断屑，由于铣削是断续切削，因此影响比较小。

4) 热导率。难切削材料的热导率较低，因此切削热不容易通过工件散发，也难被切屑带走，切削过程中所产生的热量集中在切削刃附近，从而加快了刀具磨损，影响材料的切削加工性能。

3. 参数编程

在数控编程加工中，当遇到由非圆曲线组成的工件轮廓或三维曲面轮廓时，可以用宏程序或使用参数编程方法来完成。

当工件的切削轮廓是非圆曲线时，就不能直接用圆弧插补指令来编程。这时可以设想将这一段非圆曲线轮廓分成若干微小的线段，在每一段微小的线段上做直线插补或圆弧插补来近似表示这一非圆曲线。如果分成的线段足够小，则这个近似的曲线就完全能满足该曲线轮廓的精度要求。

使用宏程序指令或参数编程指令编写加工程序时，循环判断条件的不同设定方法，可以产生不同的加工程序指令。

FANUC 系统中的 B 类宏程序转移指令起到控制程序流向的作用。

格式：IF [条件表达式] GOTO n；

对于有条件转移语句，如果条件成立，则转到 n 程序段执行；如果条件不成立，则执行下一句程序。条件式的种类见表 1-7。

表 1-7 条件式种类

条件式	意义	具体示例
#! EQ #j	等于 (=)	IF [#5EQ#6] GOTO
#! NE #j	不等于 (≠)	IF [#5NE#100] GOTO
#! GT #j	大于 (>)	IF [#5GT#6] GOTO
#! GE #j	大于等于 (≥)	IF [#5GE#100] GOTO
#! LT #j	小于 (<)	IF [#5LT#6] GOTO
#! LE #j	小于等于 (≤)	IF [#5LE#100] GOTO

4. 镗孔加工

镗孔是利用镗刀对工件上已有孔进行的加工。镗削适合加工机座、箱体、支架等外形复杂的大型零件上孔径较大、尺寸精度较高、有位置精度要求的孔系。编制孔加工程序时要求能够使用固定循环和子程序两种方法。固定循环是指数控系统的生产厂家为了方便编程人员编程，简化程序而特别设计的，利用一条指令即可由数控系统自动完成一系列固定加工的循环动作。FANUC 0i – MB 循环指令见表 1-8。

表 1-8 FANUC 0i – MB 循环指令

循环指令	功能	循环指令	功能
G73	高速深孔往复排屑钻	G84	攻右旋螺纹
G74	反转攻左旋螺纹	G85	精镗孔
G76	精镗孔	G86	镗孔
G81	钻孔	G87	反镗孔
G82	镗孔	G88	镗孔
G83	深孔往复排屑钻	G89	精镗孔

六、样例小结

本例工件的材质为 2Cr13，属于难切削材料，加工时要注意切削用量及刀具的选择。本例工件的加工使用了宏程序和参数变量编程，这种编程方式可以在许多零件加工中得以应用。变量的正确使用，使得非圆弧曲线组成的工件轮廓或三维曲面轮廓的加工得以解决，并可使加工程序的长度大为缩短，提高加工效率。

职业技能鉴定样例 2

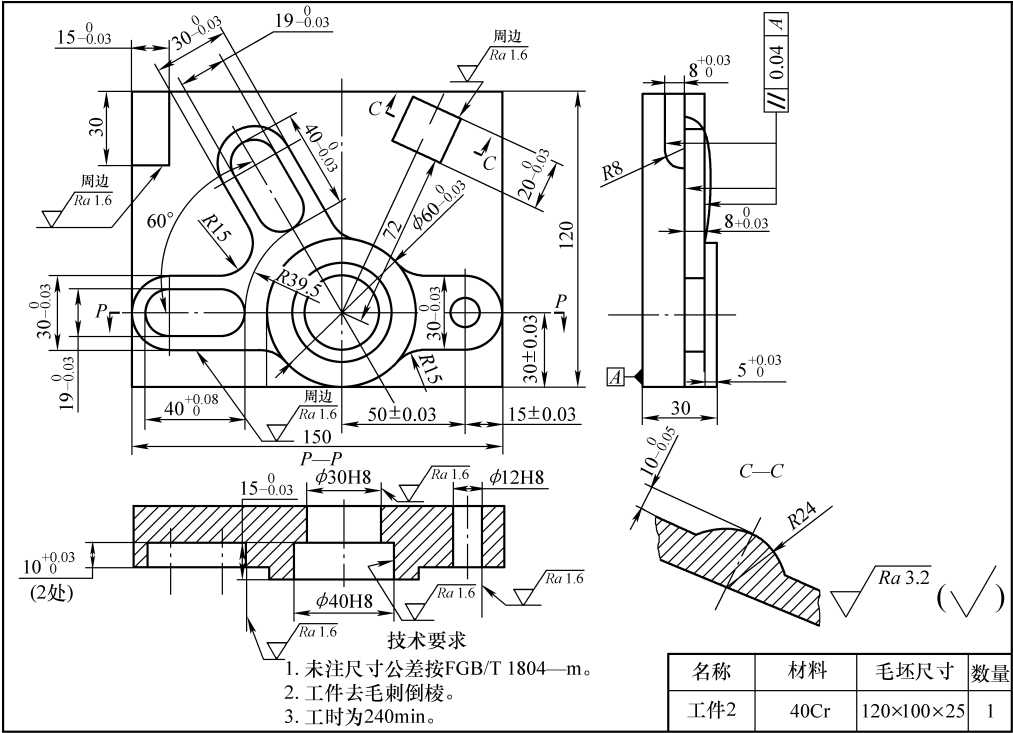
考核目标

- 1. 掌握宏变量应用方法。
- 2. 掌握坐标转换指令的应用方法。
- 3. 能够编制特殊材料工件的数控加工程序。

一、考核要求

1. 总体要求

加工图 2-1 所示工件，试分析其加工工艺，并编写数控加工程序。本题分值为 100 分，考核时间为 240min。



a)

图 2-1 工件 2

a) 零件图

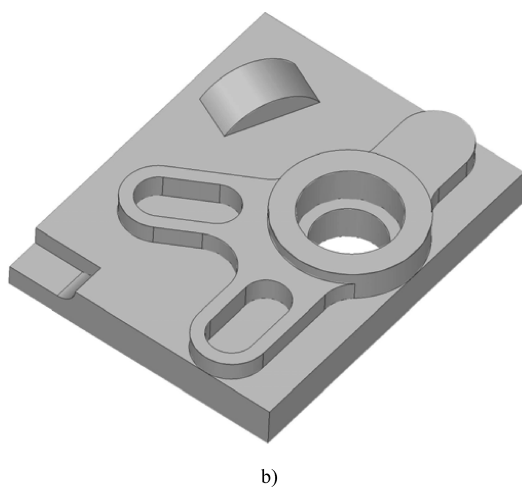


图 2-1 工件 2（续）
b) 实体图

2. 配分及评分标准

- 1) 操作技能考核总成绩见表 1-1。
- 2) 现场操作规范评分见表 1-2。
- 3) 工件质量评分见表 2-1。

表 2-1 工件质量评分表

序号	考核内容	考核要点	配分	评分标准	得分
1	外形轮廓	$\phi 60 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.03 \end{smallmatrix} \text{mm}$	5	超差 0.01mm 扣 1 分	
2		$30 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.03 \end{smallmatrix} \text{mm}$	5	超差 0.01mm 扣 1 分	
3		$20 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.03 \end{smallmatrix} \text{mm}$	5	超差 0.01mm 扣 1 分	
4		$5 \begin{smallmatrix} +0.03 \\ 0 \end{smallmatrix} \text{mm}$	5	超差 0.01mm 扣 1 分	
5		$15 \begin{smallmatrix} +0.03 \\ 0 \end{smallmatrix} \text{mm}$	4	超差 0.01mm 扣 1 分	
6		$8 \begin{smallmatrix} +0.03 \\ 0 \end{smallmatrix} \text{mm}$	4	超差 0.01mm 扣 1 分	
7		$R15\text{mm}、R8\text{mm}$	6	每错一处扣 3 分	
8		72mm	4	超差不得分	
9	内轮廓与孔	$15 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.03 \end{smallmatrix} \text{mm}$	4	超差 0.01mm 扣 1 分	
10		$10 \begin{smallmatrix} +0.03 \\ 0 \end{smallmatrix} \text{mm}$	4	超差 0.01mm 扣 1 分	
11		$40 \begin{smallmatrix} +0.08 \\ 0 \end{smallmatrix} \text{mm}$	4	超差 0.01mm 扣 1 分	
12		$19 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.03 \end{smallmatrix} \text{mm}$	4	超差 0.01mm 扣 1 分	
13		$(50 \pm 0.03) \text{mm}$	3	超差 0.01mm 扣 1 分	
14		$(15 \pm 0.03) \text{mm}$	3	超差 0.01mm 扣 1 分	
15		$\phi 40\text{H8}$	2	超差不得分	

(续)

序号	考核内容	考核要点	配分	评分标准	得分
16	内轮廓与孔	$\phi 30H8$	2	超差不得分	
17		$\phi 12H8$	2	超差不得分	
18		$R39.5\text{mm}$	5	超差不得分	
19		60°	4	超差不得分	
20	表面粗糙度	$Ra1.6\mu\text{m}$	3	错一处扣 1 分, 不倒扣	
21		$Ra3.2\mu\text{m}$	3	错一处扣 1 分, 不倒扣	
22	程序编制	指令正确, 程序完整	2	不合理每处扣 1 分	
		数值计算正确, 计算简化, 有一定技巧	2	不合理每处扣 1 分	
		刀具补偿功能运用正确、合理	2	不合理每处扣 1 分	
		切削参数、坐标系选择正确	3	不合理每处扣 1 分	
23	加工工艺	工件定位、夹紧及刀具选择合理	3	不合理每处扣 2 分	
		加工顺序及刀具轨迹路线合理	2		
24	其他项目	工件完整、局部无缺陷	2	出现一处不得分	
		工件按时完成	3	超时不得分	
合 计					

二、加工准备

(1) 设备、材料准备 (见表 2-2)

表 2-2 设备、材料准备

序号	名 称	规 格	单位	数量	备 注
1	数控铣床	$400\text{mm} \times 800\text{mm}$	台	1	
2	毛 坯	$150\text{mm} \times 120\text{mm} \times 30\text{mm}$	件	1	40Cr

(2) 工、量、刃具准备 (见表 2-3)

表 2-3 工、量、刃具准备

(单位: mm)

序号	名 称	规 格	数量	备 注
1	游标卡尺	$0.02/0 \sim 150$	1	
2	游标万能角度尺	$2'/0 \sim 320^\circ$	1	
3	外径千分尺	$0 \sim 25$ 、 $25 \sim 50$ 、 $50 \sim 75$	各 1	
4	百分表	$0.01/0 \sim 10$	1	

(续)

序号	名 称	规 格	数量	备 注
5	磁性表座		1	
6	内径量表	0.01/18 ~ 35、0.01/35 ~ 50	1	
7	内径千分尺	0.01/5 ~ 30	1	
8	圆柱塞规	$\phi 12H8$ 、 $\phi 30H8$ 、 $\phi 40H8$	1	
9	游标深度卡尺	0.02/0 ~ 200	1	
10	深度千分尺	0.01/0 ~ 25	1	
11	半径样板	$R7 \sim R14.5$ 、 $R15 \sim R25$	各 1	
12	钻头	中心钻 A3、 $\phi 11.5$ 、 $\phi 18$ 、 $\phi 29.8$	各 1	
13	机用铰刀	$\phi 12H8$	1	
14	立铣刀	$\phi 8$ 、 $\phi 15$ 、 $\phi 20$	各 1	
15	面铣刀	$\phi 60$ (R 型面铣刀片)	1	
16	刀柄、夹头	以上刀具相关刀柄、钻夹头、弹簧夹	若干	
17	夹具	精密平口钳及垫铁	1	
18	其他	常用数控铣床辅具	若干	

三、零件加工要求分析

1. 图样分析

(1) 工件类型 该工件属于盘类工件，主要加工平面、平面上的曲线、曲面及孔系。

(2) 工件材料及毛坯 该工件的材质为 40Cr，其相对切削加工系数在 0.50 ~ 0.65 之间，属于较难切削材料。毛坯外形为 150mm × 120mm × 30mm 的四面体，四面相互平行，外形易于装夹。

(3) 加工内容及要求 该工件主要由平面、圆弧表面、内外轮廓、孔系组成。按照工件的形状特点，该工件的主要加工内容分为轮廓加工、孔加工、槽加工三部分。

1) 轮廓加工。

① 圆柱外轮廓，高度为 $5^{+0.03}_0$ mm，轮廓尺寸为 $\phi 60^{+0.03}_{-0.03}$ mm，圆柱外轮廓周边的表面粗糙度为 $Ra3.2\mu\text{m}$ 。

② 规则外轮廓，高度为 13mm，轮廓尺寸为 $30^{+0.03}_{-0.03}$ mm， $R15\text{mm}$ ，规则外轮廓周边的表面粗糙度为 $Ra1.6\mu\text{m}$ 。

③ 圆弧凸台轮廓，高度为 $10^{+0.05}_{-0.05}$ mm，保证尺寸 $20^{+0.03}_{-0.03}$ mm， $R24\text{mm}$ ，凸台轮廓周边的表面粗糙度为 $Ra1.6\mu\text{m}$ ，其余均为 $Ra3.2\mu\text{m}$ 。

2) 孔加工。

① 一个通孔 $\phi 30H8$ ，表面粗糙度为 $Ra1.6\mu\text{m}$ 。

② 一个通孔 $\phi 12H8$ ，表面粗糙度为 $Ra1.6\mu\text{m}$ 。

③ 一个沉孔 $\phi 40H8$ ，深 $15_{-0.03}^0\text{mm}$ ，表面粗糙度为 $Ra1.6\mu\text{m}$ 。

3) 槽加工

① 两个键槽，保证尺寸 $10_{+0.03}^0\text{mm}$ ， $40_{+0.08}^0\text{mm}$ ， $19_{-0.03}^0\text{mm}$ ， $R39.5\text{mm}$ ， 60° 。

② 一个圆弧槽，保证尺寸 $15_{+0.03}^0\text{mm}$ ， $8_{+0.03}^0\text{mm}$ ， $R8\text{mm}$ 。

2. 工艺分析

(1) 确定工艺基准 加工该工件时选择底面为装夹定位基准。

(2) 难点分析 本例所要加工的圆弧凸台，在不允许采用成形刀具的情况下，完成三维曲面的加工是很困难的。只有使用宏程序，才能解决这类问题。整个圆弧凸台的加工采用立铣刀走四方的形式来完成。工件的四边为已加工面，所以前后两面在加工过程中可以适当地偏出一段距离，以不接触工件为准。

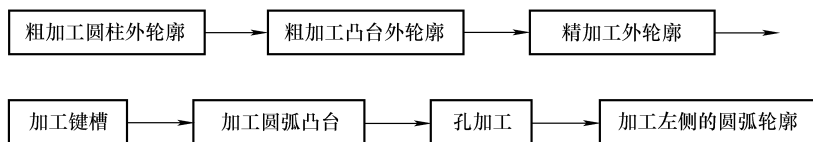
对于工件在 G19 平面内的轮廓，需要工件的二次装夹，装夹过程中的定位或找正基准要符合基准的选用原则，以确保工件的平行度要求。

(3) 工艺方案 通过对图样及加工难点的分析，该工件可以分两道工序完成：

工序一：以工件底面和侧面找正定位夹紧，加工工件各轮廓，并钻、铰 $\phi 40H8$ 、 $\phi 30H8$ 、 $\phi 12H8$ 孔，保证其与四周的对称度。

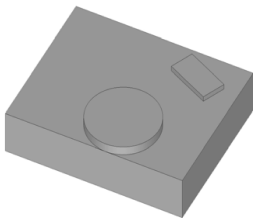
工序二：以底面和两侧面为找正定位基准并装夹工件，加工 $R8\text{mm}$ 圆弧槽。

具体的加工路线如下：

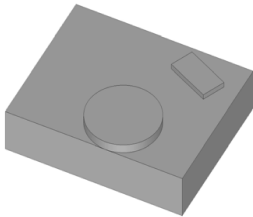


四、程序编制（见表 2-4）

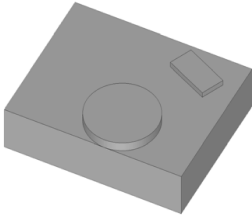
表 2-4 参考程序

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
1	粗加工圆柱外轮廓		O0021; G90 G21 G94 G17 G40; S600 M03; G00 Z20.0; G00 X-75. Y-60.0 M08; Z1. ; G01 Z-5.0 F100; X-85.0; Y-51.999; X-24.552; X-21.784 Y-55.899; X-18.064 Y-59.89; X-13.848 Y-63.351; X-9.209 Y-66.222;	装夹后保证毛坯上表面与水平面的平行度误差在 0.04mm 以内 编程零点在毛坯上表面几何中心，粗加工 $\phi 60_{-0.03}^0\text{mm}$ 圆台至 $\phi 61\text{mm}$ ，圆弧凸台四周留 1mm 余量 用 $\phi 20\text{mm}$ 平底刀

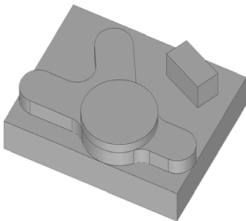
(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
1	粗加工圆柱外轮廓		<pre> X - 4.231 Y - 68.451; X0.997 Y - 69.999; X - 85.0; G00 Z20.0; Y - 51.999; Z1.0; G01 Z - 5.0; Y - 33.999; X - 30.717; X - 30.993 Y - 30.738; X - 30.728 Y - 25.289; X - 29.743 Y - 19.924; X - 28.464 Y - 15.999; X - 85.0; Y2.001; X - 15.565; X - 15.032 Y2.471; X - 10.5 Y5.507; X - 5.359 Y8.015; X0.081 Y9.782; X5.714 Y10.775; X11.431 Y10.975; X17.12 Y10.377; X22.67 Y8.993; X27.973 Y6.851; X32.927 Y3.991; X35.473 Y2.001; X85.0; Y20.001; X66.962; X59.19 Y3.334; X23.449 Y20.001; X - 85.0; Y38.001; X8.063; X16.457 Y56.001; X - 85.0; Y70.0; X85.0; Y56.001; X45.627; X76.94 Y41.399; X75.356 Y38.001; X85.0; G00 Z20.0; Y2.001; Z1.0; </pre>	装夹后保证毛坯上表面与水平面的平行度误差在 0.04mm 以内 编程零点在毛坯上表面几何中心,粗加工 $\phi 60_{-0.03}^0$ mm 圆台至 $\phi 61$ mm, 圆弧凸台四周留 1mm 余量 用 $\phi 20$ 平底刀

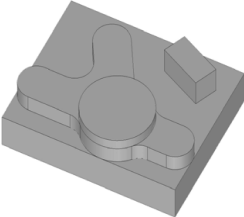
(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
1	粗加工圆柱外轮廓		G01 Z-5.0; Y-15.999; X48.429; X49.412 Y-18.699; X50.601 Y-24.294; X51.0 Y-30.; X50.73 Y-33.999; X85.0; Y-51.999; X44.526; X42.016 Y-55.612; X38.279 Y-59.687; X34.028 Y-63.222; X29.339 Y-66.152; X24.3 Y-68.425; X19.003 Y-69.999; X85.0; G00 Z20.0; X13.856 Y50.426; Z1.0; G01 Z-5.0; X13.857 Y50.425; X21.667 Y67.174; X76.94 Y41.399; X59.19 Y3.334; X3.917 Y29.109; X13.857 Y50.425; G40 X13.856 Y50.426; G00 Z20.0; X45.0 Y69.999; Z1.0; G01 Z-5.0; Y70.0; X-85.0; Y-70.0; X1.0; G02 X-10.5 Y5.507 R41.0; X51.0 Y-30.0 R41.0; X19.0 Y-70.0 R41.0; G01 X85.0; Y70.0; X45.0; Y69.999; G00 Z20.0; M05; M30;	装夹后保证毛坯上表面与水平面的平行度误差在0.04mm以内 编程零点在毛坯上表面几何中心,粗加工 $\phi 60_{-0.03}^0$ mm圆台至 $\phi 61$ mm,圆弧凸台四周留1mm余量 用 $\phi 20$ 平底刀

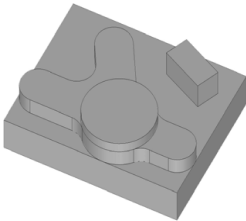
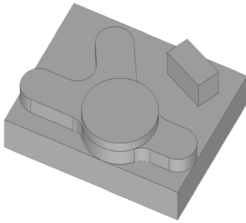
(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
2	粗加工凸台外轮廓		<pre> O0022; G90 G21 G94 G17 G40; S600 M03; G00 Z20.0; G00 X-85.0 Y-53.571 M08; Z-4.0; G01 Z-13.0 F100; Y-70.0; X1.0; G02 X-20.56 Y-57.333 R41.0; G03 X-23.541 Y-56.0 R4.0; G01 X-60.0; G02 X-85.0 Y-37.141 R26.0; G01 Y-53.571; G00 Z20.0; X52.0 Y-70.0; Z-4.0; G01 Z-13.0; X85.0; Y-37.141; G02 X60.0 Y-56.0 R26.0; G01 X43.541; G03 X40.56 Y-57.333 R4.0; G02 X19.0 Y-70.0 R41.0; G01 X52.0; G00 Z20.0; X-60.403 Y60.0; Z-4.0; G01 Z-13.0; X-75.0; Y2.726; G02 X-60.0 Y6.0 R36.0; G01 X-52.354; X-56.177 Y12.622; G02 X-45.807 Y60. R36. ; G01 X-60.403; Y70.0; X-85.0; Y-22.859; G02 X-60.0 Y-4.0 R26.0; G01 X-41.962; G03 X-38.497 Y2.0 R4.0; G01 X-47.517 Y17.622; G02 Y43.622 R26.0; X-2.483 R26.0; G01 X4.801 Y31.005; </pre>	粗加工凸台外轮廓， 留 1mm 加工余量 用 $\phi 20\text{mm}$ 平底刀

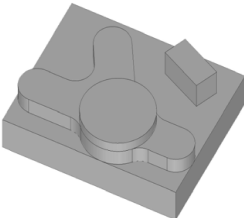
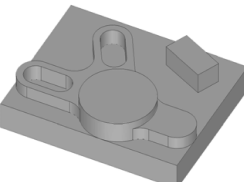
(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
2	粗加工凸台外轮廓		X21.667 Y67.174; X76.94 Y41.399; X63.79 Y13.2; X72.854 Y8.974; X70.707 Y4.371; G02 X75.0 Y2.726 R36.0; G01 Y13.577; X72.854 Y8.974; X63.79 Y13.2; X59.19 Y3.335; X6.625 Y27.846; X15.746 Y12.047; G03 X18.392 Y10.132 R4.0; G02 X40.56 Y-2.667 R41.0; G03 X43.541 Y-4.0 R4.0; G01 X60.0; G02 X85.0 Y-22.859 R26.0; G01 Y70.0; X67.857; Y60.0; X60.713; X75.0 Y53.338; Y60.0; X67.857; Y70.0; X1.547; Y60.0; X-4.193; G02 X3.714 Y52.336 R36.0; G01 X7.288 Y60.0; X1.547; Y70.0; X-60.403; G00 Z20.0; X-85.0 Y-53.571; Z-4.0; G01 Z-13.0; Y-70.0; X1.0; G02 X-20.56 Y-57.333 R41.0; G03 X-23.541 Y-56. R4.0; G01 X-60.0; G02 X-85.0 Y-37.141 R26.0; G01 Y-53.571; G00 Z20.0; X52. Y-70.0;	粗加工凸台外轮廓, 留 1mm 加工余量 用 $\phi 20\text{mm}$ 平底刀

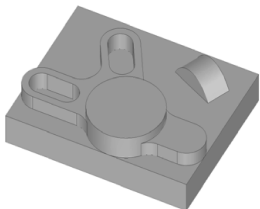
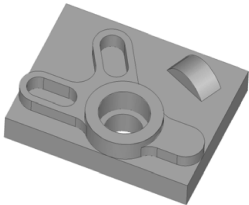
(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
2	粗加工凸台外轮廓		Z - 4.0; G01 Z - 13.0; X85.0; Y - 37.141; G02 X60.0 Y - 56.0 R26.0; G01 X43.541; G03 X40.56 Y - 57.333 R4.0; G02 X19.0 Y - 70.0 R41.0; G01 X52.0; G00 Z20.0; X - 60.403 Y70.0; Z - 4.0; G01 Z - 13.0; X - 85.0; Y - 22.859; G02 X - 60.0 Y - 4.0 R26.0; G01 X - 41.962; G03 X - 38.497 Y2.0 R4.0; G01 X - 47.517 Y17.622; G02 X - 45.763 Y46.271 R26.0; X - 2.483 Y43.622 R26.0; G01 X4.801 Y31.005; X21.667 Y67.174; X76.94 Y41.399; X59.19 Y3.335; X6.625 Y27.846; X15.746 Y12.047; G03 X18.392 Y10.132 R4.0; G02 X40.56 Y - 2.667 R41.0; G03 X43.541 Y - 4.0 R4.0; G01 X60.0; G02 X85.0 Y - 22.859 R26.0; G01 Y70.0; X - 60.403; G00 Z20.0; M05; M30;	粗加工凸台外轮廓, 留 1mm 加工余量 用 $\phi 20\text{mm}$ 平底刀
3	精加工外轮廓		O0023; G90 G21 G94 G17 G40; S600 M03; G00 Z20.0; G00 X - 85.0 Y - 50.0; G41 G01 X - 75.0 Y - 45.0 D01 F100; X - 23.541	加工圆台以及凸台 外轮廓至图样尺寸, 与粗加工在同一次装 夹中完成,保证尺寸 $60^\circ, 30_{-0.03}^0 \text{mm}, R15\text{mm},$ $\phi 60_{-0.03}^0 \text{mm}, 50\text{mm} \pm$ $0.03\text{mm}, 30\text{mm} \pm 0.03\text{mm},$ $15\text{mm} \pm 0.03\text{mm}$ 选用 $\phi 10\text{mm}$ 平底刀, D01 半径值为 5mm

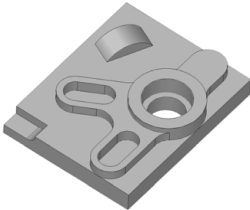
(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
3	精加工外轮廓		G02 X-12.361 Y-50.0 R15.0; G03 X32.361 Y-50.0 R30.0; G02 X43.541 Y45.0 R15.0; G01 X60.0; G03 Y-15.0 R15.0; G01 X43.541; G02 X32.361 Y-10.0 R15.0; G03 X16.14 Y-0.635 R30.0; G02 X6.22 Y-6.547 R15.0; G01 X-12.01 Y38.122; G03 X-37.99 Y23.122 R15.0; G01 X-28.971 Y7.5; G02 X-41.961 Y-15.0 R15.0; G01 X-59.2; G03 Y-45.0 R15.0; G02 X-44.2 Y-60.0 R15.0; G00 Z20.0; G40 G00 X0 Y0; M05; M30;	加工圆台以及凸台外轮廓至图样尺寸,与粗加工在同一次装夹中完成,保证尺寸 60° , $30_{-0.03}^0$ mm, R15mm, $\phi 60_{-0.03}^0$ mm, 50mm ± 0.03 mm, 30mm ± 0.03 mm, 15mm ± 0.03 mm 选用 $\phi 10$ mm 平底刀, D01 半径值为 5mm
4	加工键槽		O0024; G90 G94 G21 G40 G54 F100; G91 G28 Z0; M03 S600; G90 G00 X-49.5 Y-30.0; Z20.0; M98 P0025; G68 X10.0 Y-30.0 R-60.0; M98 P0025; G00 Z20.0; G69; G91 G28 Z0. ; M30;	两个键槽加工主程序。加工 $19_{-0.03}^0$ mm 至图样要求尺寸。同时保证表面粗糙度要求 选用 $\phi 10$ mm 键槽铣刀
			O0025; G00 X-49.5 Y-30.0; Z5. M08; G41 G01 X-50.5 Y-30.0 D01; G03 X-60.0 Y-39.5 R-9.5; G01 X-39.0; G03 Y-20.5 R9.5; G01 X-60.0; G40 G01 X-49.5 Y-30.0 M09; M99;	键槽加工子程序

(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
5	加工圆弧凸台		O0026; G90 G94 G21 G40 G54 F100; G91 G28 Z0; M03 S600; G90 G00 X - 25.0 Y70.0; Z20.0; G68 X10.0 Y - 30.0 R - 25.0; M98 P0027; G00 Z20.0; G69; G91 G28 Z0. ; M30;	圆弧凸台加工主程序。保证长度尺寸 $20_{-0.03}^0$ mm, 高度尺寸 $10_{-0.05}^0$ mm, 半径尺寸 R24mm 用 $\phi 10$ mm 立铣刀
			O0027; G00 X - 25.0 Y70.0; #1 = - 10.0; #2 = 14.0; Z5. M08; N50 G01 Z#1 F80; #3 = SQRT [576.0 - #2 * #2]; G41 G01 X - #3 Y54.0 D01; Y30.0; X#3; Y54.0; X - #3; G40 G01 X - 25.0 Y70.0 M09; #1 = #1 + 0.1; #2 = #2 + 0.1; IF [#1LE0] GOT050; M99;	圆弧凸台加工子程序
6	孔加工		O0028; G90 G21 G94 G17 G40; S600 M03; G00 Z20.0; X10. Y - 30.0; Z - 5.0; G01 X - 4.0 F100; G02 I14.0; G01 X - 5.0; G02 I15.0; G01 X0 Y0; G00 Z20.0; M30;	先用钻头钻 $\phi 30$ mm 通孔, 然后用 $\phi 10$ mm 平底刀加工圆柱内轮廓, 保证尺寸 $\phi 40H8$, $\phi 30H8$, $15_{0}^{+0.03}$ mm

(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
7	加工左侧的圆弧轮廓		<pre> O0029; G90 G21 G94 G17 G40; S600 M03; G00 X0 Y10.0; Z-5.0; G01 Y-30.0 F100.; Z1.0; G00 Y10.0; Z-10.0; G01 Y-30.0 F100.; Z1.0; G00 Y10.0; Z-15.0; G01 Y-30.0 F100.; Z1.0; G00 Z20.0; Y50.0; M30; </pre>	左侧的圆弧轮廓采用竖直安装的方法加工,以右上角交点为编程零点,保证尺寸$15^{+0.03}_0$ mm, 30mm, R8mm 用 $\phi 16$mm 平底刀

五、相关知识

1. 宏变量

三维曲面手工编程较复杂,因为节点的计算很困难,故在复杂的曲面加工中很少用到手工编程。手工编程也只是局限于规则三维曲面,即可以用方程式表达曲线轨迹,如圆球面、椭圆球面、二次抛物线曲面等。在手工编程中由于系统没有这些曲线差补,故需利用曲线方程把曲线细分成很细小的直线段来逼近曲线轮廓。

在程序中可采用分支和循环操作改变控制执行顺序,如 FANUC 系统中的 WHILE 循环语句。在 WHILE 后指定一条件表达式,当条件满足时,执行 DO 到 END 之间的程序,然后返回到 WHILE 重新判断条件,不满足则执行 END 后的下一程序段。

格式: WHILE [条件表达式] DOm; (m = 1, 2, 3)

.....;

END m;

2. 坐标转换指令

当一个轮廓是由若干个相同的图形围绕一个中心旋转而成时,可将其中一个图形编写子程序,用坐标系旋转的指令调用若干次子程序,这样可以使程序编辑变得简单。

作为旋转单元的子程序,必须包括全部基本要素,如正 m 边形的基本要素包括 1 条边和 1 个 $360^\circ/m$ 的角。

FANUC 系统坐标系旋转的指令格式是：

G17 G68 X__ Y__ R__；

G68 使用时需要注意以下几点：

1) 在坐标系旋转取消指令（G69）以后的第一个移动指令必须用绝对值指定。如果采用增量值指令，则不执行正确的移动。

2) 当 X__ Y__省略时，旋转中心为主轴当前位置。

3) G68 之后的程序段出现 G91 编程时，则旋转中心改为主轴当前位置。此时原绝对值指定的旋转中心不再起作用。

六、样例小结

本例工件的材质为 40Cr，属于难切削材料，加工时要注意切削用量及刀具的选择。本例工件的加工使用了坐标系旋转功能，使程序结构清晰、语句简单。为提高槽宽的加工精度，减少铣刀的种类，加工时可采用直径比槽宽小的铣刀，先铣槽的中间部分，然后用刀具半径补偿功能铣槽的两边。

职业技能鉴定样例3

考核目标

- 1) 掌握球铣刀的使用方法。
- 2) 掌握坐标转换指令的应用方法。
- 3) 能够编制特殊材料工件的数控加工程序。

一、考核要求

1. 总体要求

加工图 3-1 所示工件，试分析其加工工艺，并编写数控加工程序。本题分值为 100 分，考核时间为 240min。

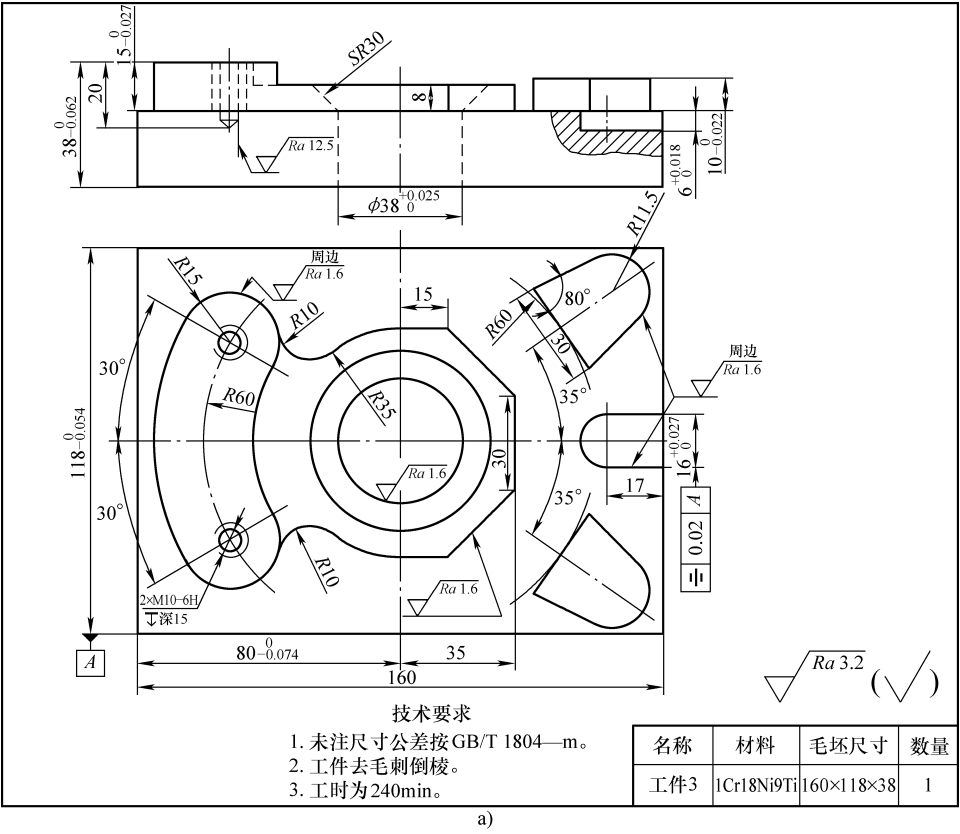
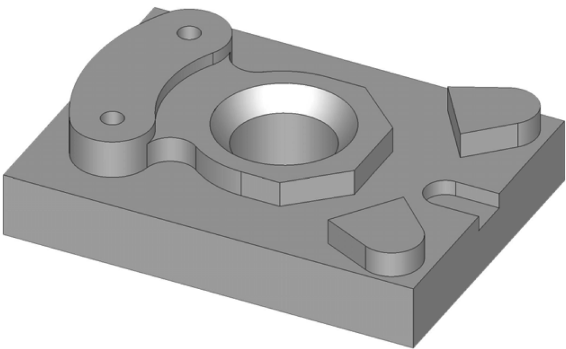


图 3-1 工件 3
a) 零件图



b)
图 3-1 工件 3（续）
b) 实体图

2. 配分及评分标准

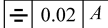
- 1) 操作技能考核总成绩见表 1-1。
- 2) 现场操作规范评分见表 1-2。
- 3) 工件质量评分见表 3-1。

表 3-1 工件质量评分表

序号	考核内容	考核要点	配分	评分标准	得分
1	外形轮廓	$38 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.062 \end{smallmatrix} \text{mm}$	4	超差 0.01mm 扣 2 分	
2		$15 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.027 \end{smallmatrix} \text{mm}$	4	超差 0.01mm 扣 2 分	
3		$10 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.022 \end{smallmatrix} \text{mm}$	4	超差 0.01mm 扣 2 分	
4		30°	4	超差不得分	
5		$80 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.074 \end{smallmatrix} \text{mm}$	4	超差 0.01mm 扣 2 分	
6		35°	4	超差不得分	
7		80°	4	超差不得分	
8		R10mm、R15mm、R60mm、 R35mm、R11.5mm	15	每错一处扣 3 分	
9		15mm	3	超差不得分	
10		圆弧过渡光滑无接痕	3	达不到要求不得分	
11	螺纹	2 × M10 – 6H	6	超差一处扣 3 分	
12	内轮廓与孔	$\phi 38 \begin{smallmatrix} +0.025 \\ 0 \end{smallmatrix} \text{mm}$	4	超差 0.01mm 扣 2 分	
13		SR30mm	4	超差不得分	
14		8mm	4	超差不得分	
15		$16 \begin{smallmatrix} +0.027 \\ 0 \end{smallmatrix} \text{mm}$	4	超差 0.01mm 扣 2 分	



(续)

序号	考核内容	考核要点	配分	评分标准	得分
16	表面粗糙度和几何公差	$Ra1.6\mu m$	3	错一处扣1分，不倒扣	
17		$Ra3.2\mu m$	3	错一处扣1分，不倒扣	
18			3	超差不得分	
19	程序编制	指令正确，程序完整	2	不合理每处扣1分	
		数值计算正确，计算简化，有一定技巧	2	不合理每处扣1分	
		刀具补偿功能运用正确、合理	2	不合理每处扣1分	
		切削参数、坐标系选择正确	2	不合理每处扣1分	
20	加工工艺	工件定位、夹紧及刀具选择合理	3	不合理每处扣2分	
		加工顺序及刀具轨迹路线合理	3		
21	其他项目	工件完整、局部无缺陷	3	出现一处不得分	
		工件按时完成	3	超时不得分	
合 计					

二、加工准备

(1) 设备、材料准备 (见表 3-2)

表 3-2 设备、材料准备

序号	名 称	规 格	单位	数量	备 注
1	数控铣床	400mm×800mm	台	1	
2	毛 坯	160mm×118mm×38mm	件	1	1Cr18Ni9Ti

(2) 工、量、刃具准备 (见表 3-3)

表 3-3 工、量、刃具准备

(单位: mm)

序号	名 称	规 格	数量	备 注
1	游标卡尺	0.02/0~150	1	
2	游标万能角度尺	2'0~320°	1	
3	外径千分尺	0~25、25~50、75~100、100~125	各 1	
4	百分表	0.01/0~10	1	
5	磁性表座		1	
6	内径量表	0.01/18~35、0.01/35~50	1	

(续)

序号	名 称	规 格	数量	备 注
7	内径千分尺	0.01/5 ~ 30	1	
8	螺纹塞规	M10 - 6H	1	
9	游标深度卡尺	0.02/0 ~ 200	1	
10	深度千分尺	0.01/0 ~ 25	1	
11	半径样板	R7 ~ R14.5、R15 ~ R25	各 1	
12	钻头	中心钻 A3, $\phi 11.5$ 、 $\phi 18$ 、 $\phi 29.8$	各 1	
13	立铣刀	$\phi 10$ 、 $\phi 15$ 、 $\phi 20$	各 1	
14	机用丝锥	M10 - 6H	1	
15	键槽铣刀	$\phi 16$	1	
16	球头铣刀	R5、R8、R10	各 1	
17	面铣刀	$\phi 60$ (R 型面铣刀片)	1	
18	粗、精镗刀	$\phi 35 \sim \phi 50$, $\phi 18 \sim \phi 35$	各 1	
19	刀柄、夹头	以上刀具相关刀柄、钻夹头、弹簧夹	若干	
20	夹具	精密平口钳及垫铁	1	
21	其他	常用数控铣床辅具	若干	

三、零件加工要求分析

1. 图样分析

(1) 工件类型 该工件属于盘类工件，主要加工平面、平面上的曲线、曲面及孔系。

(2) 工件材料及毛坯 该工件的材质为 1Cr18Ni9Ti，其相对切削加工性系数在 0.15 ~ 0.50 之间，属于难切削材料。毛坯外形为 160mm × 118mm × 38mm 的四面体，四面相互平行，外形易于装夹。

(3) 加工内容及要求 该工件主要由平面、圆弧表面、曲线轮廓、孔系组成。按照工件的形状特点，该工件的主要加工内容分为轮廓加工、孔加工、槽加工三部分。

1) 轮廓加工。

① 不规则曲线轮廓，高度为 $10_{-0.022}^0$ mm，保证尺寸为 $80_{-0.074}^0$ mm，15mm，30mm，R35mm，R10mm，R15mm，30°，曲线外轮廓周边的表面粗糙度为 Ra1.6μm，其余均为 Ra3.2μm。

② 不规则曲线轮廓，高度为 $10_{-0.022}^0$ mm，轮廓尺寸为 R11.5mm，R60mm，80°，35°，曲线外轮廓周边的表面粗糙度为 Ra1.6μm。



③ 凹圆球面, 高度为 8mm, 保证尺寸 $SR30\text{mm}$, 表面粗糙度为 $Ra3.2\mu\text{m}$ 。

2) 孔加工。

① 一个通孔 $\phi 38^{+0.025}_0\text{mm}$, 表面粗糙度为 $Ra1.6\mu\text{m}$ 。

② 两个螺纹孔 $M10-6H$, 表面粗糙度为 $Ra12.5\mu\text{m}$ 。

3) 槽加工。一个键槽, 保证尺寸 $16^{+0.027}_0\text{mm}$, 17mm , $6^{+0.018}_0\text{mm}$ 。

2. 工艺分析

(1) 确定工艺基准 加工该工件时选择底面为装夹定位基准。

(2) 难点分析

1) 球头铣刀的使用。加工三维曲面轮廓(特别是凹轮廓)时, 一般用球头铣刀来进行切削。在切削过程中, 刀具在曲面轮廓的不同位置, 便切削成形工件的曲面轮廓, 所以用球头中心坐标来编程很方便。

如凸球面加工的走刀路线在进刀控制上有从上向下进刀和从下向上进刀两种, 一般应使用从下向上进刀来完成加工, 此时主要利用铣刀侧刃切削, 加工表面质量较好, 端刃磨损较小, 同时切削力将刀具向欠切方向推, 有利于控制加工尺寸。

进刀点的计算方法如下:

① 根据允许的加工误差和表面粗糙度, 确定合理的 z 向进给量, 再根据给定加工深度 z , 计算加工圆的半径, 即 $r^2 = R^2 - z^2$ 。此算法走刀次数较多。

② 根据允许的加工误差和表面粗糙度, 确定两相邻进刀点相对球心的角度增量, 再根据角度计算进刀点的 r 和 z 值, 即 $z = R\sin\theta$, $r = R\cos\theta$ 。

进刀轨迹的处理方法如下:

① 对立铣刀加工而言, 曲面加工是由刀尖完成的, 当刀尖沿圆弧运动时, 其刀具中心运动轨迹也是一个圆弧, 只是位置相差一个刀具半径。

② 对球头刀加工而言, 曲面加工是由球刃完成的, 其刀具中心是球面的同心球面, 半径相差一个刀具半径, 加工示意图如图 3-2 所示。

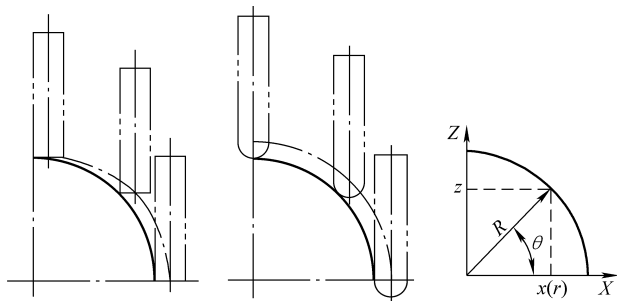


图 3-2 加工示意图

2) 坐标转换指令的使用。对称几何形状可采用坐标转换指令, 如旋转坐标、可编程镜像等。在实际图形中具体采用何种指令要遵循 CNC 数据处理的顺序, 总

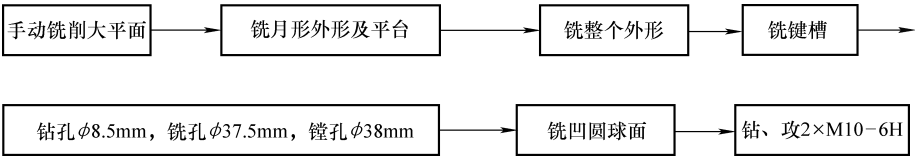
的方向是程序结构清晰、语句简单、运行正确。熟练掌握复杂程序的编制，能使编程简单化，大大缩短准备时间。

(3) 工艺方案 通过对图样及加工难点的分析，该工件可以分两道工序完成：

工序一：以工件底面和侧面找正定位夹紧，加工工件各轮廓，并钻、镗、铣 $\phi 38^{+0.025}_0$ mm，钻、攻 2 × M10 - 6H，保证其与四周的对称度。

工序二：以底面和两侧面为找正定位基准并装夹工件，加工 SR30mm 的凹圆球面。

具体的加工路线如下：

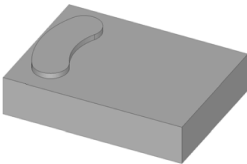


四、程序编制（见表 3-4）

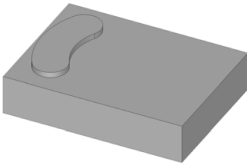
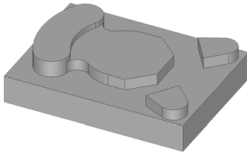
表 3-4 参考程序

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
1	手动铣削大平面			保证尺寸 38mm 选用 φ80mm 面铣刀
2	铣月形外形及平台		<pre>O0031; G90 G21 G54 G17 G40; M03 S200; G00 Z20.0; M08; X -90.0 Y -80.0; Z -5.0; G42 G01 X -75.5 Y -60.0 D01 F50; X -75.0 Y0.0; G02 X -64.952 Y37.5 R75.0; G02 X -38.971 Y22.5 R15.0; G03 Y -22.5 R45.0; G02 X -64.952 Y -37.5 R15.0; G02 X -75.5 Y0.0 R75.0; G01 Y80.0; G00 Z20.0; G40 G00 X0.0 Y0.0; M09; M30;</pre>	铣月形外形程序。 保证尺寸 R60，R15 用 φ16mm 平底刀， 采用 D01 刀补

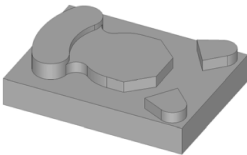
(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
2	铣月形外形及平台		<pre> O0032; G90 G54 G17 G40; S200 M03; G00 Z20.0; G00 X-88.0 Y-67.0 M08; Z1.0; G01 Z-5.0 F50; Y-66.999; X88.0; Y-54.199; X-26.403; Y-56.502; X-83.949; Y-54.199; X-88.0; Y-41.399; X-83.949; Y-28.599; X-88.0; Y-15.799; X-83.949; Y-2.999; X-88.0; Y9.801; X-83.949; Y22.601; X-88.0; Y35.401; X-83.949; Y48.201; X-88.0; Y61.001; X88.0; Y67.0; X-88.0; G00 Z20.0; X88.0 Y-54.199; Z1.0; G01 Z-5.0; Y-41.399; X-26.403; Y-28.599; X88.0; Y-15.799; X-26.403; Y-2.999; </pre>	去余量程序

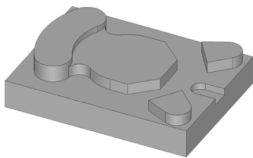
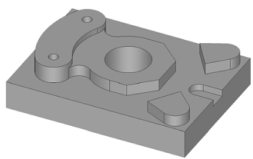
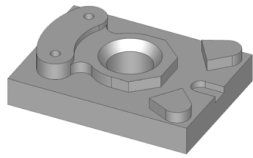
(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
2	铣月牙形外形及平台		<pre> X88.0; Y9.801; X-26.403; Y22.601; X88.0; Y35.401; X-26.403; Y48.201; X88.0; G00 Z20.0; X-51.723 Y59.254; Z1.0; G01 Z-5.0; Y57.254; X-26.403; Y-56.502; X-83.949; Y57.254; X-51.723; Y59.254; G00 Z20.0; X0.0 Y65.0; Z1.0; G01 Z-5.0; Y67.0; X-88.0; Y-67.0; X88.0; Y67.0; X0.0; Y65.0; G00 Z20.0; M09; M30; </pre>	去余量程序
3	铣整个外形		<pre> O0033; G90 G54 G17 G40; S350 M03; G00 Z20.0 M08; G00 X86.292 Y-60.422; G01 Z-10.0 F40; M98 P0034; G01 Z-15.0; M98 P0034; G00 X86.292 Y60.422; G01 Z-10.0; M98 P0035; </pre>	铣整个外形主程序 用 $\phi 16\text{mm}$ 立铣刀。 采用 01 号刀补

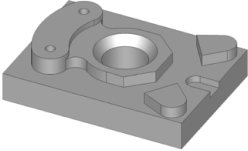
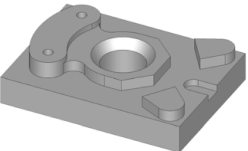
(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
3	铣整个外形		G01 Z - 15.0; M98 P0035; G00 X - 25.472 Y38.799; G01 Z - 10.0; M98 P0036; G01 Z15.0; M98 P0036; M30;	铣整个外形主程序 用 $\phi 16\text{mm}$ 立铣刀。 采用 01 号刀补
			O0034; G41 G01 X74.005 Y - 51.819 D01 F40; G02 X59.725 Y - 55.645 R11.5; G01 X40.545 Y - 46.702; X57.753 Y - 22.127; X72.716 Y - 37.091; G02 X74.005 Y - 51.819 R11.5; G01 X75.643 Y - 52.966; G00 Z20.0; G40 G00 X86.292 Y - 60.422; M99;	右下凸台子程序。 保证尺寸 80° , 35° , $R60\text{mm}$
			O0035; G41 G01 X74.005 Y51.819 D01; G02 X72.716 Y37.091 R11.5; G01 X57.753 Y22.127; X40.545 Y46.702; X59.725 Y55.645; G02 X74.005 Y51.819 R11.5; G01 X75.643 Y52.966; G00 Z20.0; G40 G00 X86.292 Y60.422; M99;	右上凸台子程序。 保证尺寸 80° , 35° , $R60\text{mm}$
			O0036 G41 G01 X - 30.98 Y24.847 D01; G03 X - 21.24 Y26.2 R10.0; G02 X0.0 Y33.382 R35.0; G01 X15.0; X35.0 Y15.0; Y - 15.0; X15.0 Y - 33.382; X0.0; G02 X - 21.24 Y - 26.2 R35.0; G03 X - 37.169 Y - 32.489 R10.0; G02 X - 64.952 Y - 37.5 R15.0; Y37.5 R75.0; X - 37.169 Y32.489 R15.0; G03 X - 30.98 Y24.847 R10.0; G01 X - 30.246 Y26.707; G00 Z20.0; G40 G00 X - 25.472 Y38.799; M99;	左部外形轮廓子程序。 保证尺寸 $R11.5\text{mm}$, $R35\text{mm}$, $R10\text{mm}$, $R15\text{mm}$, 30° , 以及长度尺寸 15mm , 35mm , $80_{-0.074}^0\text{mm}$

(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
4	铣键槽		O0037; G90 G94 G21 G40 G54 F100; G91 G28 Z0; M03 S600; G90 G00 X90.0 Y0; Z5.0; M98 P0038 G51 X0 Y0 I1.0 J-1.0; M98 P0038; G00 Z20.0; G50; G91 G28 Z0; M30;	铣键槽主程序。 保证尺寸 $16^{+0.027}_0$ mm, 宽度尺寸17mm 选用 $\phi 16$ mm 立铣刀, 采用01号刀补
			O0038; G01 Z-15.0 F80; G41 G01 X63.489 Y13.936 D01; G01 X40.546 Y46.702; X59.354 Y55.472; G02 X72.427 Y36.802 R11.5; G01 X50.573 Y14.947; G40 G01 X90.0 Y0 M09; M99;	铣键槽子程序
5	钻孔 $\phi 8.5$ mm, 铣孔 $\phi 37.5$ mm, 镗孔 $\phi 38$ mm		O0039;	
6	铣凹圆球面		O0040; G90 G94 G21 G40 G54 F100; G91 G28 Z0; M03 S1000; G90 G00 X0 Y0; Z5.0; #1 = -13.0; #2 = 23.216; N80 G01 Z#1 F80; #3 = SQRT [900 - #2 * #2]; G41 G01 X#3 Y0 D01; G03 I#3; G40 G01 X0 Y0 M09; #1 = #1 + 0.1;	铣凹圆球面, 保证尺寸 $SR30$ mm, 深度尺寸30mm 选用 $\phi 16$ mm 立铣刀

(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
6	铣凹圆球面		<pre>#2 = #2 - 0.1 ; IF [#1 LE -4.9] GOTO 80; G00 Z20.0; G91 G28 Z0; M30;</pre>	铣凹圆球面，保证尺寸 $SR30\text{mm}$ ，深度尺寸 30mm 选用 $\phi 16\text{mm}$ 立铣刀
7	钻、攻 $2 \times M10 - 6H$ 螺纹孔			钻、攻 $2 \times M10 - 6H$ 螺纹孔

五、样例小结

本例工件的材质为 1Cr18Ni9Ti，属于难切削材料，加工时要注意切削用量及刀具的选择。本例工件的加工注重了铣刀的应用，按铣刀的形状和用途可分为圆柱铣刀、面铣刀、立铣刀、键槽铣刀、球头铣刀等。在实际的加工中选用何种刀具要遵循长度越短越好、直径越大越好、铣削效率越高越好的原则。

职业技能鉴定样例 4

考核目标

- 1) 掌握宏程序编程的应用方法。
- 2) 掌握曲面的加工方法。
- 3) 能编制数控程序进行曲面工件的加工。

一、考核要求

1. 总体要求

加工图 4-1 所示工件，试分析其加工工艺，并编写数控加工程序。本题分值为 100 分，考核时间为 240min。

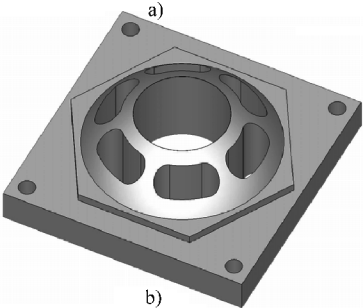
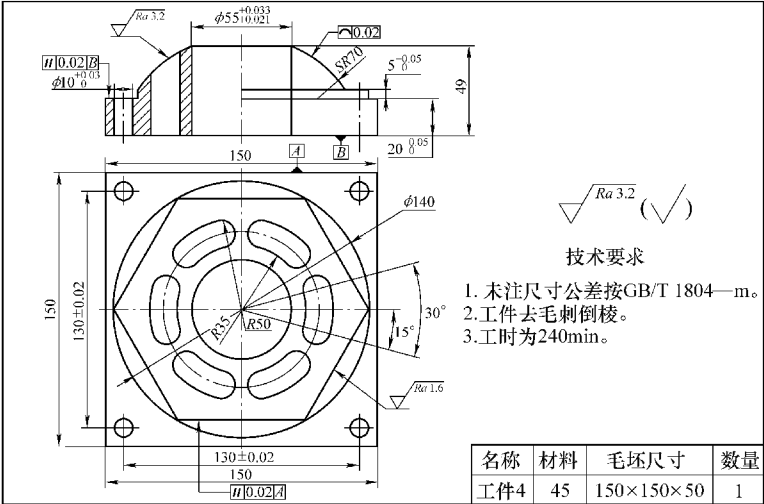


图 4-1 工件 4
a) 零件图 b) 实体图

2. 配分及评分标准

- 1) 操作技能考核总成绩见表 1-1。
- 2) 现场操作规范评分见表 1-2。
- 3) 工件质量评分见表 4-1。

表 4-1 工件质量评分表

序号	考核内容	考核要点	配分	评分标准	得分
1	外形轮廓	$\phi 55^{+0.033}_{+0.021}$ mm	4	超差 0.01mm 扣 2 分	
2		SR70mm	4	超差不得分	
3		49mm	4	超差不得分	
4		$20^{+0.05}_0$ mm	4	超差 0.01mm 扣 2 分	
5		$5^{+0.05}_0$ mm	4	超差 0.01mm 扣 2 分	
6		R35mm、R50mm	8	超差不得分	
7		$\phi 140$ mm	4	超差不得分	
8		30°	4	超差不得分	
9		15°	4	超差不得分	
10	内轮廓与孔	$4 \times \phi 10^{+0.03}_0$ mm	16	超差一处扣 4 分	
11		130mm ± 0.2mm	4	超差不得分	
12	表面粗糙度和 几何公差	Ra1.6μm	4	超差一处扣 2 分，不倒扣	
13		Ra3.2μm	4	超差一处扣 2 分，不倒扣	
14		 0.02	4	超差不得分	
15		 0.02 A  0.02 B	4	超差不得分	
16	程序编制	指令正确，程序完整	3	不合理每处扣 1 分	
		数值计算正确，计算简化， 有一定技巧	3	不合理每处扣 1 分	
		刀具补偿功能运用正确、 合理	3	不合理每处扣 1 分	
		切削参数、坐标系选择 正确	3	不合理每处扣 1 分	
17	加工工艺	工件定位、夹紧及刀具选 择合理	3	不合理每处扣 2 分	
		加工顺序及刀具轨迹路线 合理	3		
18	其他项目	工件完整、局部无缺陷	3	出现一处不得分	
		工件按时完成	3	超时不得分	
合 计					

二、加工准备

(1) 设备、材料准备（见表 4-2）

表 4-2 设备、材料准备

序号	名 称	规 格	单位	数量	备 注
1	数控铣床	400mm × 800mm	台	1	
2	毛 坯	150mm × 150mm × 50mm	件	1	45 钢

(2) 工、量、刀具准备（见表 4-3）

表 4-3 工、量、刀具准备 (单位：mm)

序号	名 称	规 格	数量	备 注
1	游标卡尺	0.02/0 ~ 150	1	
2	游标万能角度尺	2°/0 ~ 320°	1	
3	外径千分尺	0 ~ 25、25 ~ 50、75 ~ 100	各 1	
4	百分表	0.01/0 ~ 10	1	
5	磁性表座		1	
6	内径量表	0.01/50 ~ 100	1	
7	内径千分尺	0.01/5 ~ 30	1	
8	圆柱塞规	φ10H8	1	
9	游标深度卡尺	0.02/0 ~ 200	1	
10	深度千分尺	0.01/0 ~ 25	1	
11	钻头	中心钻 A3，φ9、8、φ30、φ45	各 1	
12	立铣刀	φ10、φ20	各 1	
13	机用铰刀	φ10H8	1	
14	面铣刀	φ60 (R 型面铣刀片)	1	
15	镗刀	φ55	1	
16	刀柄、夹头	以上刀具相关刀柄、钻夹头、弹簧夹	若干	
17	夹具	精密平口钳及垫铁	1	
18	其他	常用数控铣床辅具	若干	

三、零件加工要求分析

1. 图样分析

(1) 工件类型 该工件属于盘类工件，主要加工平面、平面上的曲线、曲面及孔系。

(2) 工件材料及毛坯 该工件的材质为 45 钢。毛坯外形为 150mm × 150mm ×



50mm 的四面体, 四面相互平行, 外形易于装夹。

(3) 加工内容及要求 该工件主要由平面、圆弧表面、曲线轮廓、孔系组成。按照工件的形状特点, 该工件的主要加工内容分为轮廓加工、孔加工、槽加工三部分。

1) 轮廓加工。

① 六边形曲线轮廓, 高度为 $5^{+0.05}_0$ mm, 轮廓尺寸为 $\phi 140$ mm, 曲线外轮廓周边的表面粗糙度为 $Ra1.6\mu\text{m}$, 其余均为 $Ra3.2\mu\text{m}$ 。

② 曲面轮廓, 高度为 24mm, 轮廓尺寸为 $\phi 55^{+0.033}_{+0.021}$ mm, $SR70$ mm, 表面粗糙度为 $Ra3.2\mu\text{m}$ 。

2) 孔加工。四个通孔 $\phi 10^{+0.03}_0$ mm, 表面粗糙度为 $Ra3.2\mu\text{m}$ 。

3) 槽加工。六个圆弧槽, 保证尺寸 $R50$ mm, $R35$ mm, 30° 。

2. 工艺分析

(1) 确定工艺基准 加工该工件时选择底面为装夹定位基准。

(2) 难点分析

1) 数值计算。如图 4-2 所示, 已知 $OC = OB = OF = 70$ mm, $AB = 27.5$ mm, $AD = 24$ mm。求 CD 与 OD 的长度以及圆弧任一截面的表达式。

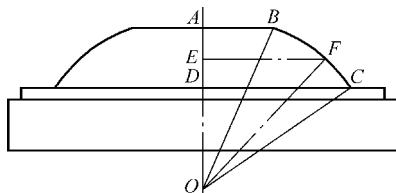


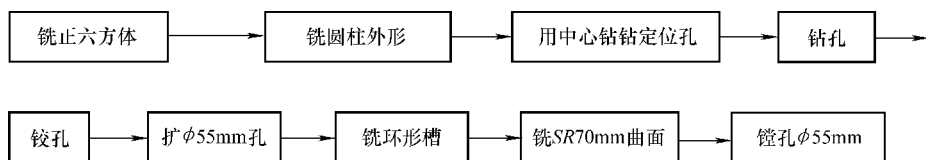
图 4-2 数值计算

经计算得 $OD = OA - AD = \sqrt{70^2 - 27.5^2} \text{ mm} - 24 \text{ mm} = 40.37 \text{ mm}$ 。 $CD = \sqrt{70^2 - 40.37^2} \text{ mm} = 57.18 \text{ mm}$ 。任一截面 EF 长度的表达式 $EF = \sqrt{70^2 - (40.37 + DE)^2}$

2) 宏程序编程思路。本例中对曲面的加工需采用宏程序。思路如下: 作与 Z 平面平行的平面, 与曲面相切可得一个整圆。因此可将曲面看成一串在 Z 向变半径的整圆。刀具只要在不同的高度执行圆弧切削指令即可。

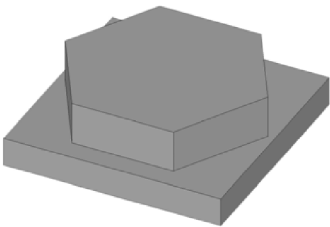
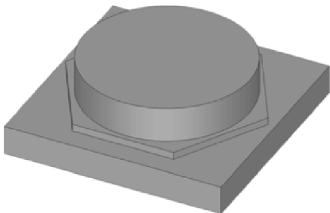
(3) 工艺方案 通过对图样及加工难点的分析, 该工件可进行一次装夹完成加工。以工件底面和侧面找正定位夹紧, 加工工件各轮廓并钻、镗、扩、铰 $\phi 55^{+0.033}_{+0.021}$ mm, $4 \times \phi 10^{+0.03}_0$ mm, 保证其与四周的对称度。

具体的加工路线如下:



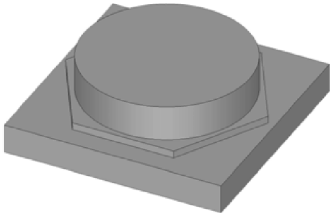
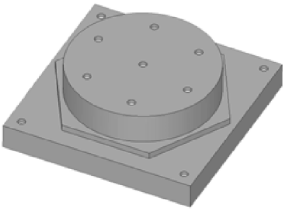
四、程序编制（见表 4-4）

表 4-4 参考程序

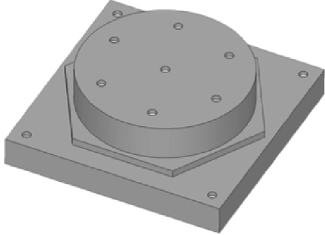
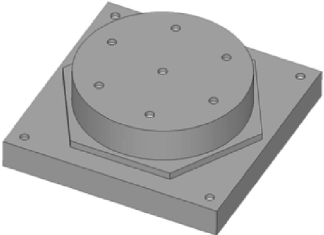
序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
1	铣正六方体		O0041; G90 G94 G40 G21 G17 G54; G91 G28 Z0.0; G90 G00 X-60.0 Y-90.0; M03 S600; M08; G00 Z-1.0; M98 P42 L7; G00 Z50.0; G91 G28 Z0; M05; M09; M30;	铣正六方体主程序
			O0042; G91 Z-4.0 F200; G90 G17 G16; G41 G01 X70.0 Y240.0 D01 F100; Y180.0; Y120.0; Y60.0; Y0; Y-60.0; Y-120.0; G40 G15 G01 X-60.0 Y-90.0; M99;	铣正六方体子程序 保证中心位置, 用 $\phi 20\text{mm}$ 立铣刀, 保证底座厚度 $20^{+0.05}_0\text{mm}$, 六方 体侧面与基准 A 的 平行度为 0.02mm , 用 01 号刀补
2	铣圆柱外形		O0043; G90 G94 G40 G21 G17 G54; G91 G28 Z0.0; G90 G00 X-60.0 Y-90.0; M03 S600; M08; G00 Z50.0; G00 X0 Y-70.0; G00 Z0; M98 P44 L6; G00 Z50.0; G91 G28 Z0; M05; M09; M30;	铣圆柱外形主程序



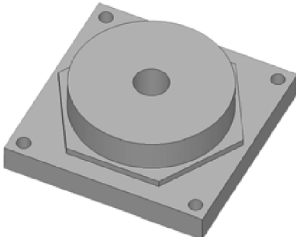
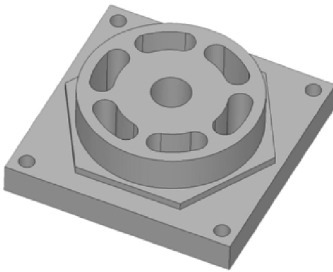
(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
2	铣圆柱外形		<pre> O0044; G91 Z-4.0 F50; G90 G41 G01 X0 Y-57.21 D01 F200; G02 X0 Y-57.21 I0 J57.21; G40 G01 X0 Y-70.0; M99; </pre>	铣圆柱外形子程序 保证圆柱直径尺寸 $\phi 140\text{mm}$, 用 $\phi 20\text{mm}$ 立铣刀, 用 01 号刀补
3	用中心钻钻定位孔		<pre> O0045; G90 G94 G40 G21 G17 G54; G91 G28 Z0.0; G90 G00 X-65.0 Y65.0; M03 S1200; M08; M98 P46; G00 Z50.0; G91 G28 Z0; M05; M09; M30; </pre>	用中心钻钻定位孔的主程序。定位 $\phi 10\text{mm}$ 销孔、$\phi 55\text{mm}$ 孔以及六个环形槽
			<pre> O0046; G90 G81 X-65.0 Y-65.0 Z- 32.0 R5.0 F100; X65.0; Y65.0; X-65.0; G81 X0 Y0 Z-3.0 R5.0; X41.05 Y-11.0; X-30.05 Y30.05; X-11.0 Y41.05; X-41.05 Y11.0; X-30.05 Y-30.05; X11.0 Y-41.05; G80; M99; </pre>	保证孔距 (130 ± 0.02) mm, 环形槽半径 $R35\text{mm}$, $R50\text{mm}$, 用 $\phi 6\text{mm}$ 中心钻

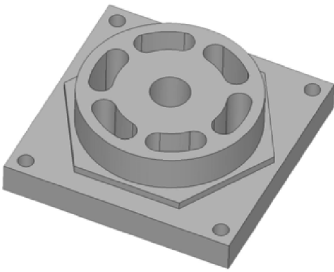
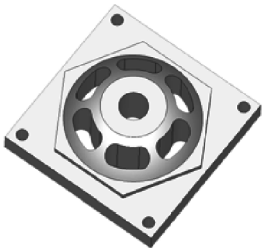
(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
4	钻孔		O0047; G90 G94 G40 G21 G17 G54; G91 G28 Z0.0; G90 G00 X-65.0 Y65.0; M03 S900; M08; M98 P48; G00 Z50.0; G91 G28 Z0; M05; M09; M30;	钻孔主程序。 用 $\phi 9.8\text{mm}$ 钻头
			O0048; G90 G83 X-65.0 Y-65.0 Z- 52.0 R5.0 Q5.0 F100; X65.0; Y65.0; X-65.0; G83 X0 Y0 Z-52.0 R5.0 Q5.0; X41.05 Y-11.0; X30.05 Y30.05; X-11.0 Y41.05; X-41.05 Y11.0; X-30.05 Y-30.05; X11.0 Y-41.05; G80; M99;	钻孔子程序， 保证孔距 (130 ± 0.02) mm
5	铰孔		O0049; G90 G94 G40 G21 G17 G54; G91 G28 Z0.0; G90 G00 X-65.0 Y65.0; M03 S900; M08; M98 P50; G00 Z50.0; G91 G28 Z0; M05; M09; M30;	铰孔主程序， 用 $\phi 10\text{mm}$ 铰刀
			O0050; G90 G85 X-65.0 Y-65.0 Z- 52.0 R5.0 F100; X65.0; Y65.0; X-65.0; G80; M99;	铰孔子程序， 保证孔距 (130 ± 0.02) mm

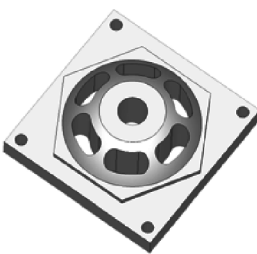
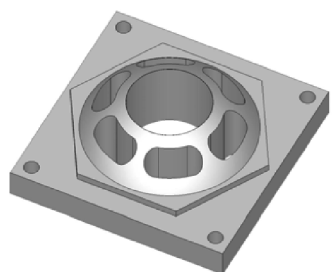
(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
6	扩 $\phi 55\text{mm}$ 孔		O0051; G90 G94 G40 G21 G17 G54; G91 G28 Z0.0; G90 G00 X0.0 Y0.0; M03 S200; M08; M98 P52; G00 Z50.0; G91 G28 Z0; M05; M09; M30;	扩 $\phi 55\text{mm}$ 孔主程序。用 $\phi 25\text{mm}$ 钻头
			O0052; G90 G83 X0 Y0 Z - 52.0 R5.0 Q7.0 F100; G80; M99;	扩 $\phi 55\text{mm}$ 孔子程序
7	铣环 形槽		O0053; G90 G94 G40 G21 G17 G54; G91 G28 Z0.0; G90 G00 X41.05 Y - 11.0; M03 S700; M08; G00 Z1.0; M98 P54 L10; G00 Z50.0; G00 X30.05 Y30.05; G00 Z1.0; G68 X0.0 Y0.0 R60.0; M98 P54 L10; G69; G00 Z50.0; G00 X - 11.0 Y41.05; G00 Z1.0; G68 X0.0 Y0.0 R120; M98 P54 L10; G69; G00 Z50.0; G00 X - 41.05 Y11.0; G00 Z1.0; G68 X0.0 Y0.0 R180; M98 P54 L10; G00 Z50.0; G00 X - 30.05 Y - 30.5;	铣环形槽主程序。 保证尺寸 $R35\text{mm}$, $R50\text{mm}$

(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
7	铣环形槽		G00 Z1.0; G68 X0.0 Y0.0 R240; M98 P54 L10; G69; G00 Z50.0; G00 X-11.0 Y-41.05; G00 Z1.0; G68 X0.0 Y0.0 R300; M98 P54 L10; G69; G00 Z50.0; G91 G28 Z0; M05; M09; M30;	铣环形槽主程序。保证尺寸 R35mm, R50mm
			O0054; G91 Z-5.0 F200; G90 G17 G16; G41 G01 X50.0 Y-15.0 D06; G03 X50.0 Y15.0 R50.0; G03 X35.0 Y15.0 R15.0; G02 X35.0 Y-15.0 R35.0; G03 X50.0 Y-15.0 R15.0; G40 G15 G01 X41.05 Y-11.0; M99;	铣环形槽子程序。用 $\phi 10\text{mm}$ 铣刀, 用 06 号刀补
8	铣 SR70mm 曲面		O0055; G90 G94 G40 G21 G17 G54; G91 G28 Z0.0; G90 G00 X0.0 Y65.0; M03 S1200; M08; G00 Z-24.0; M98 P56; G00 Z50.0; G91 G28 Z0; M05; M09; M30;	铣 SR70mm 曲面主程序。用 $\phi 16\text{mm}$ 铣刀, 用 02 号刀补
			O0056; #100 = -24.0; #102 = 0.0; #101 = 57.18; N40 G01 Z#100 F1000; G41 G01 X0 Y#101 D07; G02 X0 Y#101 I0 J-#101; G40 G01 X0 Y65.0;	铣 SR70mm 曲面子程序

(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
8	铣 SR70mm 曲面		<pre> #100 = #100 + 0.1; #102 = #102 + 0.1; # 101 = SQRT [70 * 70 - [40.37 + #102] * [40.37 + # 102]]; IF [#100LE0.0] GOTO40; G00 Z50.0; M99; </pre>	铣 SR70mm 曲面子程序
9	镗孔 φ55mm		<pre> O0057; G90 G94 G40 G21 G17 G54; G91 G28 Z0.0; G90 G00 X0.0 Y0.0; M03 S400; M08; G90 G00 Z10.0; M98 P58; G00 Z50.0; G91 G28 Z0; M05; M09; M30; </pre>	镗孔主程序, 用 φ55mm 镗刀
			<pre> O0058; G98 G85 X0 Y0 Z -52.0 R10.0; G80; M99; </pre>	镗孔子程序

五、样例小结

本例工件加工时的尺寸精度要求主要通过加工工程中的精确对刀, 正确选用刀具的磨损量和正确选用合适的加工工艺等措施来保证。对于几何精度要求, 主要通过工件在夹具中的正确安装找正等措施来保证。对于表面粗糙度要求, 主要通过选用正确的粗、精加工路线, 选用合适的切削用量等措施来保证。

本例中对曲面的加工采用的是宏程序编程, 作与 Z 平面平行的平面与曲面相切可得到一个整圆, 因此可将曲面看成一串在 Z 向变半径的整圆, 刀具只要在不同的高度执行圆弧切削指令即可。

职业技能鉴定样例5

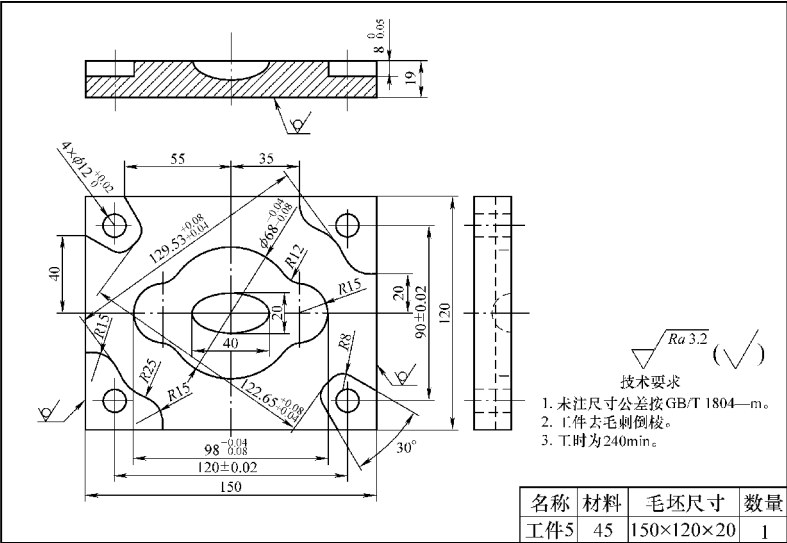
考核目标

- 1) 掌握参数编程的应用方法。
- 2) 掌握镗孔的加工方法。
- 3) 能编制数控程序进行曲面工件的加工。

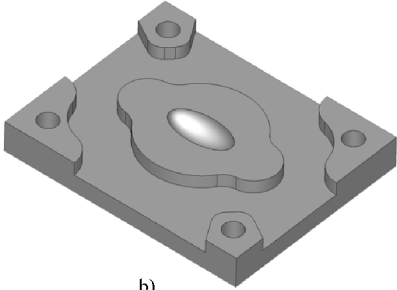
一、考核要求

1. 总体要求

加工图 5-1 所示工件，试分析其加工工艺，并编写数控加工程序。本题分值



a)



b)

图 5-1 工件 5

a) 零件图 b) 实体图

为 100 分,考核时间为 240min。

2. 配分及评分标准

- 1) 操作技能考核总成绩见表 1-1。
- 2) 现场操作规范评分见表 1-1。
- 3) 工件质量评分见表 5-1。

表 5-1 工件质量评分表

序号	考核内容	考核要点	配分	评分标准	得分
1	外形轮廓	129.53 ^{+0.08} _{+0.04} mm	8	超差 0.01mm 扣 2 分	
2		98 ^{-0.04} _{-0.08} mm	8	超差 0.01mm 扣 2 分	
3		122.65 ^{+0.08} _{+0.04} mm	8	超差 0.01mm 扣 2 分	
4		8 ⁰ _{-0.05} mm	6	超差 0.01mm 扣 2 分	
5		R8mm、R12mm、R15mm、R25mm	16	超差一处扣 4 分	
6		30°	4	超差不得分	
7		20mm	4	超差不得分	
8	内轮廓与孔	φ12 ^{+0.02} ₀	6	超差 0.01mm 扣 2 分	
9		(120 ± 0.02) mm	4	超差 0.01mm 扣 2 分	
10		(90 ± 0.02) mm	4	超差 0.01mm 扣 2 分	
11	表面粗糙度	Ra1.6μm	4	超差一处扣 2 分，不倒扣	
12		Ra3.2μm	4	超差一处扣 2 分，不倒扣	
13	程序编制	指令正确，程序完整	3	不合理每处扣 1 分	
		数值计算正确，计算简化，有一定技巧	3	不合理每处扣 1 分	
		刀具补偿功能运用正确、合理	3	不合理每处扣 1 分	
		切削参数、坐标系选择正确	3	不合理每处扣 1 分	
14	加工工艺	工件定位、夹紧及刀具选择合理	3	不合理每处扣 2 分	
		加工顺序及刀具轨迹路线合理	3		
15	其他项目	工件完整、局部无缺陷	3	出现一处不得分	
		工件按时完成	3	超时不得分	
合 计					

二、加工准备

(1) 设备、材料准备 (见表 5-2)

表 5-2 设备、材料准备

序号	名 称	规 格	单位	数量	备 注
1	数控铣床	400mm × 800mm	台	1	
2	毛坯	150mm × 120mm × 20mm	件	1	45 钢

(2) 工、量、刃具准备 (见表 5-3)

表 5-3 工、量、刃具准备 (单位: mm)

序号	名 称	规 格	数量	备 注
1	游标卡尺	0.02/0 ~ 150	1	
2	游标万能角度尺	2°/0 ~ 320°	1	
3	外径千分尺	0 ~ 25	1	
4	百分表	0.01/0 ~ 10	1	
5	磁性表座		1	
6	内径千分尺	0.01/5 ~ 30	1	
7	圆柱塞规	φ12H7	1	
8	游标深度卡尺	0.02/0 ~ 200	1	
9	深度千分尺	0.01/0 ~ 25	1	
10	钻头	中心钻 A3、φ11.8	各 1	
11	立铣刀	φ10、φ20	各 1	
12	机用铰刀	φ12H7	各 1	
13	半径样板	R7 ~ R14.5、R15 ~ R25	各 1	
14	面铣刀	φ60 (R 型面铣刀片)	1	
15	镗刀	φ55	1	
16	刀柄、夹头	以上刀具相关刀柄、钻夹头、弹簧夹	若干	
17	夹具	精密平口钳及垫铁	1	
18	其他	常用数控铣床辅具	若干	

三、零件加工要求分析

1. 图样分析

- (1) 工件类型 该工件属于盘类工件，主要加工平面、平面上的曲线、曲面及孔系。
- (2) 工件材料及毛坯 该工件的材质为 45 钢。毛坯外形为 150mm × 120mm × 20mm 的四面体，四面相互平行，外形易于装夹。
- (3) 加工内容及要求 该工件主要由平面、圆弧表面、曲线轮廓、孔系组成。按照工件的形状特点，该工件的主要加工内容分为轮廓加工、孔加工、槽加工三



部分。

1) 轮廓加工。

① 不规则曲线轮廓, 高度为 $8_{-0.05}^0$ mm, 轮廓尺寸为 $\phi 68_{-0.08}^{-0.04}$ mm, $98_{-0.08}^{-0.04}$ mm, $R12$ mm, $R15$ mm, 曲线外轮廓周边的表面粗糙度为 $Ra3.2\mu\text{m}$ 。

② 不规则曲线轮廓, 高度为 $8_{-0.05}^0$ mm, 保证尺寸为 $129.53_{+0.04}^{+0.08}$ mm, $122.65_{+0.04}^{+0.08}$ mm, $R8$ mm、 $R12$ mm、 $R15$ mm、 $R25$ mm, 20 mm, 30° , 表面粗糙度为 $Ra3.2\mu\text{m}$ 。

2) 孔加工。四个通孔 $\phi 12_{+0}^{+0.02}$ mm, 保证尺寸 (120 ± 0.02) mm, (90 ± 0.02) mm, 表面粗糙度为 $Ra3.2\mu\text{m}$ 。

3) 槽加工。一个椭圆槽, 保证尺寸 40 mm、20 mm, 表面粗糙度为 $Ra3.2\mu\text{m}$ 。

2. 工艺分析

(1) 确定工艺基准 加工该工件, 选择底面为装夹定位基准。

(2) 难点分析

1) 椭圆凹槽加工。椭圆凹槽采用球头铣刀进行加工, 应计算出刀具中心的轨迹, 并且以此轨迹作为编程的轨迹。

① 分析图形特征。本题中型腔为椭圆槽, 用垂直于 z 轴的平面与之相截则每一个截面都是椭圆, 只是每层椭圆的长、短轴不一样。

② 建立数学模型。椭圆的参数方程为 $X = a\cos\theta$, $Y = b\sin\theta$ 。关键是找出每个截面上椭圆的长、短轴, 根据图 5-2 可知椭圆的长、短轴呈线性变化。因此可知在椭圆 Z 方向每下降 0.1 mm, 椭圆长、短轴分别减少 0.1 mm。

③ 确定变量和程序出口。设层高 z 为自变量, 在每一个层高均完成一个椭圆的加工, 当刀具中心 z 到达 -4.0 (设使用的是 $R6$ 球头铣刀) 时跳出循环; 椭圆加工时设极角 θ 为自变量, $0^\circ \leq \theta \leq 360^\circ$, 当 $\theta = 360^\circ$ 时跳出循环。

2) 四边凸台加工。对于四个凸台, 可将其中相同的图形编成一个子程序, 利用坐标转换指令 (如旋转指令) 进行加工, 可有效地简化程序。为提高加工效率, 应尽量选用大直径刀具, 但刀具直径大容易发生干涉, 需根据实际加工空间确定所需的刀具。

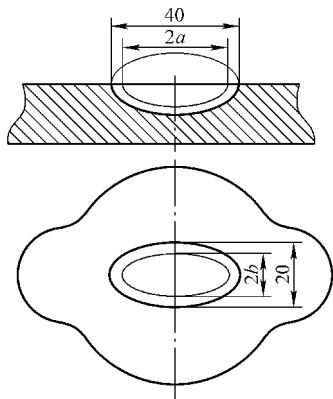
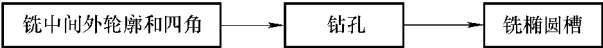


图 5-2 椭圆长、短轴变化示意图

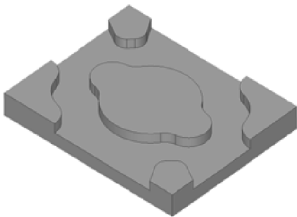
(3) 工艺方案 通过对图样及加工难点的分析, 该工件可一次装夹完成加工。以工件底面和侧面找正定位夹紧, 加工工件各轮廓并钻、铰 $4 \times \phi 12_{+0}^{+0.02}$ mm 孔, 保证其与四周的对称度。

具体的加工路线如下:

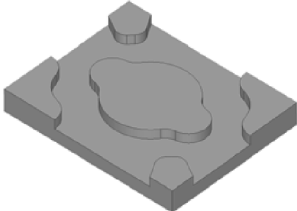


四、程序编制（见表 5-4）

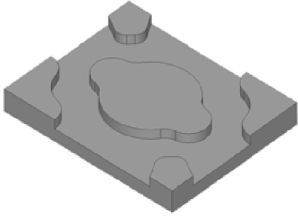
表 5-4 参考程序

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
1	铣中间外轮廓和四角		<pre>O0051; G90 G00 G17 G40; S600 M03; M08; G00 Z50.0; X22.356 Y-41.4 ; Z1.0; G01 Z-8.0 F100; X28.123; G02 X30.267 Y-32.758 R26.6; X24.759 Y-37.096 R44.6; G01 X24.981 Y-37.429; X23.871 Y-35.765; G02 X-34.958 Y-25.039 R43.0; G03 X-37.02 Y-23.809 R3.0; G02 Y23.809 R24.0; G03 X-34.958 Y25.039 R3.0; G02 X34.958 R43.0; G03 X37.02 Y23.809 R3.0; G02 Y-23.809 R24.0; G03 X34.958 Y-25.039 R3.0; G02 X23.871 Y-35.765 R43.0; G01 X24.981 Y-37.429; X24.759 Y-37.096; G02 X16.589 Y-41.4 R44.6; G01 X22.356; Y-49.0; Y-51.0; X39.446; G02 X42.628 Y-31.371 R17.0; G01 X46.371 Y-27.628; G02 X56.978 Y-22.708 R17.0; G01 X56.811 Y-20.715; X56.179 Y-13.141; X56.4 Y-13.123; Y-12.394; G02 X55.958 Y-13.16 R25.6; G01 X56.179 Y-13.141; X56.811 Y-20.715; X56.978 Y-22.708;</pre>	中间外轮廓和四角粗加工。留 1mm 余量。用 $\phi 16\text{mm}$ 立铣刀

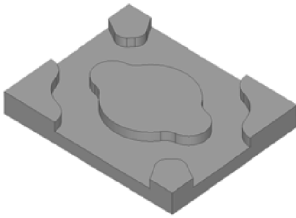
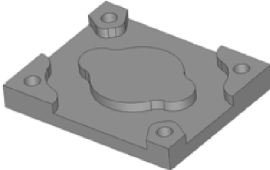
(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
1	铣中间外轮廓和四角		G02 X66.0 Y-24.446 R17.0; G01 Y7.549; G02 X51.173 Y24.368 R24.0; G03 X44.001 Y34.246 R16.0; G01 X42.954 Y32.542; X38.971 Y26.069; G03 X37.118 Y26.84 R6.4; G02 X35.226 Y27.355 R33.6; X36.259 Y25.97 R44.6; G03 X37.221 Y25.397 R1.4; G02 X40.495 Y24.762 R25.6; G03 X38.971 Y26.069 R6.4; G01 X42.954 Y32.542; X44.001 Y34.246; G03 X39.368 Y36.173 R16.0; G02 X24.786 Y46.554 R24.0; G01 X23.102 Y45.475; X16.703 Y41.374; X16.699 Y41.38; X16.695 Y41.387; X16.691 Y41.393; X16.686 Y41.4; X16.589; X16.72 Y41.347; X16.716 Y41.354; X16.712 Y41.360; X16.708 Y41.367; X16.703 Y41.374; X23.102 Y45.475; X24.786 Y46.554; G02 X22.549 Y51.0 R24.0; G01 X-22.356; Y49.0; Y41.4; X-28.123; G02 X-30.267 Y32.758 R26.6; X-16.589 Y41.4 R44.6; G01 X-22.356; Y49.0; Y51.0; X-39.446; G02 X-42.628 Y31.371 R17.0; G01 X-46.371 Y27.628; G02 X-56.978 Y22.708 R17.0; G01 X-56.811 Y20.715; X-56.179 Y13.141;	中间外轮廓和四角粗加工。留1mm余量。用 $\phi 16\text{mm}$ 立铣刀

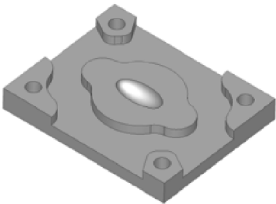
(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
1	铣中间外轮廓和四角		<pre> X - 56.4 Y13.123; Y12.394; G02 X - 55.958 Y13.16 R25.6; G01 X - 56.179 Y13.141; X - 56.811 Y20.715; X - 56.978 Y22.708; G02 X - 66.0 Y24.446 R17.0; G01 Y - 7.549; G02 X - 51.173 Y - 24.368 R24.0; G03 X - 44.001 Y - 34.246 R16.0; G01 X - 42.954 Y - 32.542; X - 38.971 Y - 26.069; G03 X - 37.118 Y - 26.84 R6.4; G02 X - 35.226 Y - 27.355 R33.6; X - 36.259 Y - 25.97 R44.6; G03 X - 37.221 Y - 25.397 R1.4; G02 X - 40.495 Y - 24.762 R25.6; G03 X - 38.971 Y - 26.069 R6.4; G01 X - 42.954 Y - 32.542; X - 44.001 Y - 34.246; G03 X - 39.368 Y - 36.173 R16.0; G02 X - 24.786 Y - 46.554 R24.0; G01 X - 23.102 Y - 45.475; X - 16.703 Y - 41.374; X - 16.699 Y - 41.38; X - 16.695 Y - 41.387; X - 16.691 Y - 41.393; X - 16.686 Y - 41.4; X - 16.589; X - 16.72 Y - 41.347; X - 16.716 Y - 41.354; X - 16.712 Y - 41.360; X - 16.708 Y - 41.367; X - 16.703 Y - 41.374; X - 23.102 Y - 45.475; X - 24.786 Y - 46.554; G02 X - 22.549 Y - 51.0 R24.0; G01 X22.356; Y - 49.0; G00 Z50.0; M09; M30; </pre>	中间外轮廓和四角粗加工。留 1mm 余量。用 $\phi 16\text{mm}$ 立铣刀

(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
1	铣中间外轮廓和四角		O0052; G90 G94 G40 G21 G17 G54; M03 S600; G00 Z50.0; M98 P53; G51.1 X0 Y0; M98 P53; G00 X0 Y100.0; M09; M05; M30;	铣中间外轮廓和四角精加工主程序。保证尺寸 $129.53^{+0.08}_{+0.04}$ mm, $122.65^{+0.08}_{+0.04}$ mm, $98^{-0.04}_{-0.08}$ mm, $8^{-0}_{-0.05}$ mm, R8mm, 30°, R12mm, R15mm, R25mm, 40mm, 55mm, 20mm, 35mm, Ra1.6μm, Rz3.2μm 用 φ16mm 立铣刀, 用 01 号刀补
			O0053; G90 G00 X85.0 Y0; Z - 8.0; G41 G01 X - 75.0 Y - 20.0 D01 F100; G02 X - 59.992 Y - 26.477 R15.0; G03 X - 41.477 Y - 44.922 R25.0; G02 X - 35.0 Y - 60.0 R15.0; G40 G00 X62.0 Y - 73.0; G41 G01 X55.0 Y - 60.0 D01; X47.721 Y - 47.393 G02 X48.992 Y - 37.735 R8.0; G01 X52.735 Y - 33.992; G02 X62.392 Y - 32.721 R8.0; G01 X84.543 Y - 45.51; G00 Z50.0; G40 G00 X0 Y0; M99;	铣中间外轮廓和四角子程序
2	钻孔		O0054; G90 G94 G40 G21 G17; M03 S900; M08; G83 X60.0 Y45.0 Z - 25.0 Q5.0 R5.0 F100; X60.0 Y - 45.0; X - 60.0 Y - 45.0; X - 60.0 Y45.0; M09; M05; M30;	保证尺寸 (120 ± 0.02) mm, (90 ± 0.02) mm 用 φ12mm 钻头

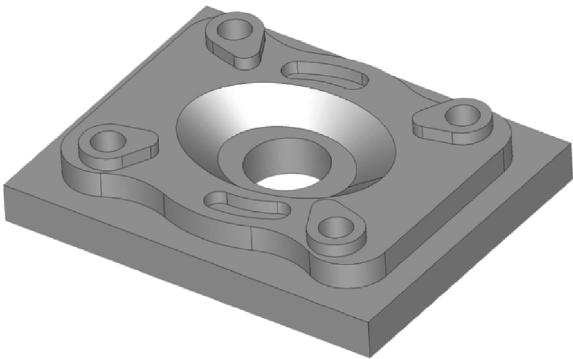
(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
3	铣椭圆槽		<pre>O0055; G90 G94 G21 G40 G54 F100; M03 S1000; G90 G00 X0 Y0; Z10.0 M08; #1 = 0; #2 = 6.0; #3 = 20.0; #4 = 10.0; N110 #5 = 0; G01 Z#2 F80; N130 #6 = #3 * COS [#5]; #7 = #4 * SIN [#5]; G41 G01 X#6 Y#7 D02; #5 = #5 + 2.0; IF [#5LE360.0] GOTO130; G40 G01 X0 Y0; #1 = #1 + 0.1; #2 = #2 - 0.1; #3 = 20.0 - #1; #4 = 10.0 - #1; IF [#2GE -4.0] GOTO110 G00 Z20.0; G91 G28 Z0; M09; M30;</pre>	椭圆槽加工程序。 用φ16mm球刀，用O2号刀补

五、样例小结

在自动运行开始时，注意刀具和工件间的距离，关注剩余移动量的坐标值是否和实际位置相符，特别是当 Z 轴进给时，应将进给倍率和快速倍率调到低挡，避免因编程错误引起的事故。建议在程序开始时 Z 轴进给到目标点之前，加一段验证程序，降低程序的出错率。

a) 零件图



b)

图 6-1 工件 6（续）

b) 实体图

2. 配分及评分标准

- 1) 操作技能考核总成绩见表 1-1。
- 2) 现场操作规范评分见表 1-2。
- 3) 工件质量评分见表 6-1。

表 6-1 工件质量评分表

序号	考核内容	考核要点	配分	评分标准	得分
1	外形轮廓	$120 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.03 \end{smallmatrix} \text{mm}$	4	超差 0.01mm 扣 2 分	
2		$100 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.03 \end{smallmatrix} \text{mm}$	4	超差 0.01mm 扣 2 分	
3		$R15\text{mm}$ 、 $R10\text{mm}$ 、 $R5\text{mm}$ 、 $R30\text{mm}$	12	超差一处扣 3 分	
4		$10 \begin{smallmatrix} +0.03 \\ 0 \end{smallmatrix} \text{mm}$	4	超差 0.01mm 扣 2 分	
5		$5 \begin{smallmatrix} +0.03 \\ 0 \end{smallmatrix} \text{mm}$	4	超差 0.01mm 扣 2 分	
6	内轮廓与孔	$(80 \pm 0.05) \text{mm}$	2	超差 0.01mm 扣 1 分	
7		$(60 \pm 0.05) \text{mm}$	3	超差 0.01mm 扣 1 分	
8		$(50 \pm 0.05) \text{mm}$	3	超差 0.01mm 扣 1 分	
9		$(40 \pm 0.05) \text{mm}$	3	超差 0.01mm 扣 1 分	
10		$(87 \pm 0.03) \text{mm}$	2	超差 0.01mm 扣 1 分	
11		$(75 \pm 0.03) \text{mm}$	3	超差 0.01mm 扣 1 分	
12		$\phi 30\text{H8}$	4	超差不得分	
13		$\phi 12\text{H8}$	4	超差不得分	
14		$R5\text{mm}$	4	超差不得分	
15		30°	4	超差不得分	

(续)

序号	考核内容	考核要点	配分	评分标准	得分
16	表面粗糙度和几何公差	$Ra1.6\mu m$	4	超差一处扣2分，不倒扣	
17		$Ra3.2\mu m$	4	超差一处扣2分，不倒扣	
18		$\sqrt[0.03]{B}$	4	超差不得分	
19		$\sqrt[0.03]{C}$	4	超差不得分	
20	程序编制	指令正确，程序完整	3	不合理每处扣1分	
		数值计算正确，计算简化，有一定技巧	3	不合理每处扣1分	
		刀具补偿功能运用正确、合理	3	不合理每处扣1分	
		切削参数、坐标系选择正确	3	不合理每处扣1分	
21	加工工艺	工件定位、夹紧及刀具选择合理	3	不合理每处扣2分	
		加工顺序及刀具轨迹路线合理	3		
22	其他项目	工件完整、局部无缺陷	3	出现一处不得分	
		工件按时完成	3	超时不得分	
合 计					

二、加工准备

(1) 设备、材料准备 (见表6-2)

表 6-2 设备、材料准备

序号	名 称	规 格	单位	数量	备 注
1	数控铣床	400mm×800mm	台	1	
2	毛 坯	140mm×120mm×30mm	件	1	45 钢

(2) 工、量、刀具准备 (见表6-3)

表 6-3 工、量、刀具准备

(单位: mm)

序号	名 称	规 格	数量	备 注
1	游标卡尺	0.02/0~150	1	
2	游标万能角度尺	2'/0~320°	1	

(续)

序号	名 称	规 格	数 量	备 注
3	外径千分尺	0 ~ 25	1	
4	百分表	0.01/0 ~ 10	1	
5	磁性表座		1	
6	内径千分尺	0.01/5 ~ 30	1	
7	圆柱塞规	$\phi 12H8$ 、 $\phi 30H8$	各 1	
8	游标深度卡尺	0.02/0 ~ 200	1	
9	深度千分尺	0.01/0 ~ 25	1	
10	钻头	中心钻 A3, $\phi 11.8$ 、 $\phi 29.8$	各 1	
11	立铣刀	$\phi 10$ 、 $\phi 20$	各 1	
12	机用铰刀	$\phi 12H8$ 、 $\phi 30H8$	各 1	
13	半径样板	$R1 \sim R6.5$ 、 $R7 \sim R14.5$ 、 $R15 \sim R25$	各 1	
14	面铣刀	$\phi 60$ (R 型面铣刀片)	1	
15	刀柄、夹头	以上刀具相关刀柄、钻夹头、弹簧夹	若干	
16	夹具	精密平口钳及垫铁	1	
17	其他	常用数控铣床辅具	若干	
18	夹具	精密平口钳及垫铁	1	
19	其他	常用数控铣床辅具	若干	

三、零件加工要求分析

1. 图样分析

(1) 工件类型 该工件属于盘类工件，主要加工平面、平面上的曲线曲面及孔系。

(2) 工件材料及毛坯 该工件的材质为 45 钢。毛坯外形为 $140\text{mm} \times 120\text{mm} \times 30\text{mm}$ 的四面体，四面相互平行，外形易于装夹。

(3) 加工内容及要求 该工件主要由平面、圆弧表面、曲线轮廓、孔系组成。按照工件的形状特点，该工件的主要加工内容分为轮廓加工、孔加工、槽加工三部分。

1) 轮廓加工。

① 不规则曲线轮廓，高度为 $5^{+0.03}_0$ mm，轮廓尺寸为 (87 ± 0.03) mm， (75 ± 0.03) mm， $27^{+0.03}_{-0.03}$ mm， $R5\text{mm}$ ， $R10\text{mm}$ ，曲线外轮廓周边的表面粗糙度为 $Ra1.6\mu\text{m}$ ，其余均为 $Ra3.2\mu\text{m}$ 。

② 不规则曲线轮廓，高度为 $10^{+0.03}_0$ mm，轮廓尺寸为 $120^{+0.03}_{-0.03}$ mm， $100^{+0.03}_{-0.03}$ mm， $R15\text{mm}$ ， $R30\text{mm}$ ， $\phi 100\text{mm}$ ，曲线外轮廓周边的表面粗糙度为 $Ra1.6\mu\text{m}$ ，其余均为 $Ra3.2\mu\text{m}$ 。

③ 椭圆锥台，高度为 10mm，保证尺寸 (80 ± 0.05) mm， (60 ± 0.05) mm， (50 ± 0.05) mm， $10^{+0.03}_0$ mm， (40 ± 0.05) mm，表面粗糙度为 $Ra6.3\mu\text{m}$ 。

2) 孔加工。

① 一个通孔 $\phi 30H8$ ，表面粗糙度为 $Ra1.6\mu m$ 。

② 四个通孔 $\phi 12H8$ ，表面粗糙度为 $Ra1.6\mu m$ 。

3) 槽加工。两个圆弧槽，保证尺寸 $R40mm$ ， $R5mm$ ， 30° 。

2. 工艺分析

(1) 确定工艺基准 加工该工件，选择底面为装夹定位基准。

(2) 难点分析

1) 分析图形特征。本题中型腔为椭圆锥台，用垂直于 Z 轴的平面与之相截则每一个截面都是椭圆，只是每层椭圆的长、短轴不一样。

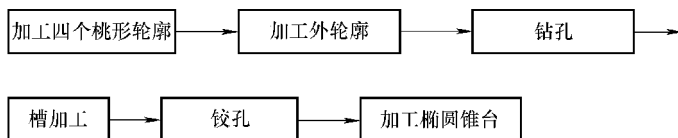
2) 建立数学模型。椭圆的参数方程为 $X = a\cos\theta$ ， $Y = b\sin\theta$ 。关键是找出每个截面上椭圆的长、短轴，根据图 5-2 可知椭圆的长、短轴呈线性变化。因此可知在椭圆 Z 方向每上升 $0.1mm$ ，椭圆长、短轴分别增加 $0.1mm$ 。

3) 确定变量和程序出口。设层高 z 为自变量，在每一个层高均完成一个椭圆的加工，当 z 到达 0 时跳出循环；椭圆加工时设极角 θ 为自变量， $0^\circ \leq \theta \leq 360^\circ$ ，当 $\theta = 360^\circ$ 时跳出循环。

(3) 工艺方案 通过对图样及加工难点的分析，该工件加工工序为：

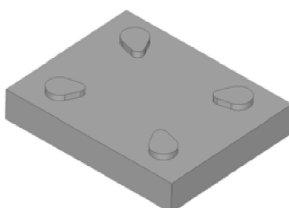
以工件底面和侧面找正定位夹紧，加工工件各轮廓并钻、镗、铰 $\phi 30H8$ 、 $\phi 12H8$ ，保证其与四周的对称度。

具体的加工路线如下：

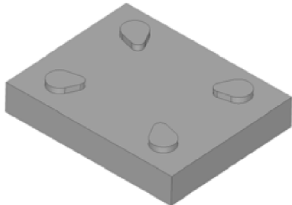


四、程序编制（见表 6-4）

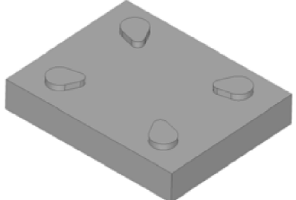
表 6-4 参考程序

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
1	加工四个桃形轮廓		O0061; G90 G17 G40 G23; S600 M03; M08; G00 Z50.0; X-74.0 Y-59.0; Z1.0; G01 Z-5.0 F100; Y-58.999; X74.0; Y-46.199; X63.672;	将其中一个桃形凸台编成一个子程序，利用镜像指令进行加工

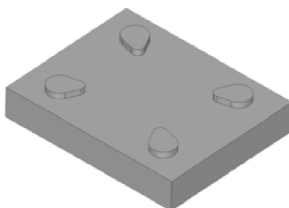
(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
1	加工四个桃形轮廓		X63.036 Y-47.491; X60.822 Y-50.403; X58.09 Y-52.837; X54.942 Y-54.702; X51.495 Y-55.93; X47.877 Y-56.474; X44.221 Y-56.314; X40.664 Y-55.456; X37.337 Y-53.933; X34.364 Y-51.8; X31.855 Y-49.137; X30.002 Y-46.199; X-30.002; X-31.784 Y-49.044; X-34.189 Y-51.645; X-37.036 Y-53.754; X-40.224 Y-55.298; X-43.643 Y-56.223; X-47.175 Y-56.498; X-50.697 Y-56.112; X-54.085 Y-55.079; X-57.321 Y-53.371; X-60.17 Y-51.074; X-62.525 Y-48.274; X-63.676 Y-46.199; X-74.0; Y-33.399; X-65.358; X-64.647 Y-30.781; X-63.03 Y-27.499; X-60.813 Y-24.588; X-58.08 Y-22.156; X-55.449 Y-20.599; X-74.0; Y-7.799; X74.0; Y5.001; X-74.0; Y17.801; X-46.418; X-40.9 Y16.422; X-37.739 Y16.006; X-34.566 Y16.315; X-31.546 Y17.335; X-30.792 Y17.801; X30.792;	将其中一个桃形凸台编成一个子程序,利用镜像指令进行加工

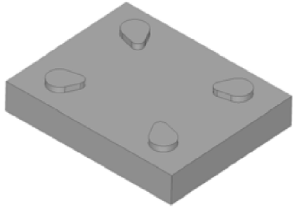
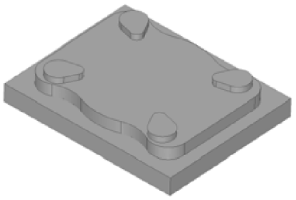
(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
1	加工四个桃形轮廓		X31.546 Y17.335; X34.566 Y16.315; X37.739 Y16.006; X40.9 Y16.422; X46.418 Y17.801; X74.0; Y30.601; X64.559; X64.647 Y30.781; X65.606 Y34.312; X65.869 Y37.962; X65.429 Y41.594; X64.843 Y43.401; X74.0; Y56.201; X49.882; X47.175 Y56.498; X43.643 Y56.223; X43.561 Y56.201; X-43.753; X-44.221 Y56.314; X-47.877 Y56.474; X-49.69 Y56.201; X-74.0; Y43.401; X-64.87; X-65.608 Y40.676; X-65.872 Y37.143; X-65.475 Y33.623; X-64.544 Y30.601; X-74.0; G00 Z50.0; X74.0 Y-46.199; Z1.0; G01 Z-5.0; Y-33.399; X65.406; X64.432 Y-30.237; X62.779 Y-27.104; X60.572 Y-24.333; X57.89 Y-22.019; X55.439 Y-20.599; X74.0; G00 Z50.0; Y56.201; Z1.0;	将其中一个桃形凸台编成一个子程序,利用镜像指令进行加工

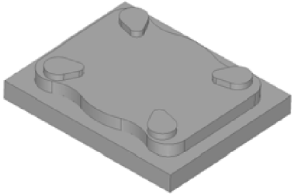
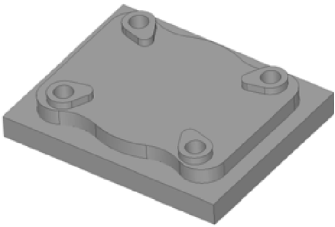
(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
1	加工四个桃形轮廓		<pre> G01 Z - 5.0; Y59.0; X - 74.0; G00 Z50.0; X - 55.449 Y - 20.599; Z1.0; G01 Z - 5.0; X - 54.931 Y - 20.292; X - 51.483 Y - 19.067; X - 40.9 Y - 16.422; X - 37.739 Y - 16.006; X - 34.566 Y - 16.315; X - 31.546 Y - 17.335; X - 28.834 Y - 19.011; X - 27.236 Y - 20.599; X27.236; X26.572 Y - 21.258; X24.877 Y - 23.958; X23.837 Y - 26.971; X23.505 Y - 30.142; X23.899 Y - 33.305; X23.934 Y - 33.399; X - 23.934; G00 Z50.0; X43.561 Y56.201; Z1.0; G01 Z - 5.0; X40.224 Y55.298; X37.036 Y53.754; X34.189 Y51.645; X31.784 Y49.044; X29.903 Y46.042; X28.574 Y43.401; X - 28.574; X - 24.999 Y36.298; X - 23.899 Y33.305; X - 23.562 Y30.601; X23.562; G00 Z50.0; M09; M30; </pre>	将其中一个桃形凸台编成一个子程序,利用镜像指令进行加工
			<pre> O0062; G90 G94 G40 G21 G17 G54; M03 S600; M08; G00 Z50.0; G51.1 X0; G50.1 X0; M98 P63; </pre>	

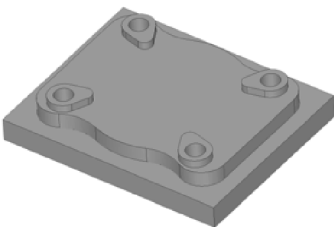
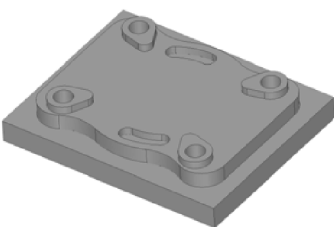
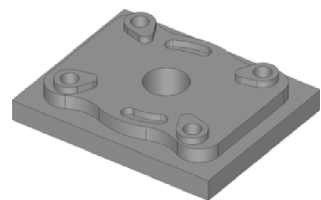
(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
1	加工四个桃形轮廓		G51.1 Y0; G50.1 Y0; M98 P63; G51.1 X0 Y0; G50.1 X0 Y0; M98 P63; M09; M05; M30;	
			O0063; G00 X-46.434 Y-16.774; Z1.0; G01 Z-5.0 F100; C41 G01 X-44.009 Y-26.476 D01 F100; X-38.717 Y-25.153; G02 X-33.038 Y-32.251 R5.0; G01 X-37.943 Y-41.996; G02 X-49.3 Y-27.799 R10.0; G01 X-44.009 Y-26.476; G40 G01 X-46.434 Y-16.774; G00 Z50.0; M99;	子程序
2	加工外轮廓		O0064; G90 G94 G40 G21 G17 G54; S600 M03; M08; G00 Z50.0; X0.0 Y62.0; Z-4.0; G01 Z-13.0 F100; Y60.0; X-75.0; Y-60.0; X75.0; Y60.0; X0.0; Y62.0; G00 Z50.0; Z-12.0; G01 Z-15.0; Y60.0; X-75.0; Y-60.0; X75.0; Y60.0; X0.0; Y62.0; G00 Z50.0; G00 X-62.839 Y56.451; Z-4.0;	

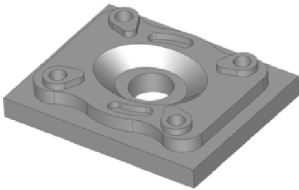
(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
2	加工 外轮廓		G01 Z -13.0 F100; G41 G01 X -57.704 Y47.871 D01; G02 X -42.913 Y48.22 R15.0; G03 X -17.961 Y46.663 R30.0; G02 X17.961 R50.0; G03 X42.913 Y48.22 R30.0; G02 X65.0 Y35.0 R15.0; G01 Y -35.0; G02 X42.913 Y -48.22 R15.0; G03 X17.961 Y -46.663 R30.0; G02 X -17.961 R50.0; G03 X -42.913 Y -48.22 R30.0; G02 X -65.0 Y -35.0 R15.0; G01 Y35.0; G02 X -57.704 Y47.871 R15.0; G01 X -62.839 Y56.451; G00 Z50.0; Z -12.0; G01 Z -15.0; X -57.704 Y47.871; G02 X -42.913 Y48.22 R15.0; G03 X -17.961 Y46.663 R30.0; G02 X17.961 R50.0; G03 X42.913 Y48.22 R30.0; G02 X65.0 Y35.0 R15.0; G01 Y -35.0; G02 X42.913 Y -48.22 R15.0; G03 X17.961 Y -46.663 R30.0; G02 X -17.961 R50.0; G03 X -42.913 Y -48.22 R30.0; G02 X -65.0 Y -35.0 R15.0; G01 Y35.0; G02 X -57.704 Y47.871 R15.0; G40 G01 X -62.839 Y56.451; G00 Z50.0; M30;	
3	钻孔		O0065; G90 G94 G40 G21 G17 G54; G91 G28 Z0.0; G90 G00 X46.875 Y37.5; M03 S900; M08; G90 G83 X46.875 Y37.5 Z -35.0 R5.0 Q5.0 F100; X -46.875; Y -37.5;	选择 $\phi 7.8\text{mm}$ 的钻头打预钻孔, 然后采用 $\phi 10\text{mm}$ 的铣刀直接进行加工

(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
3	钻孔		X - 46.875 Y - 37.5; G80; M09; M05; M30;	选择 $\phi 7.8\text{mm}$ 的钻头打预钻孔, 然后采用 $\phi 10\text{mm}$ 的铣刀直接进行加工
4	槽加工		O0066; G90 G94 G40 G21 G17 G54; M03 S900; M08; G00 Z50.0; M98 P67; G51.1 X0 Y0; M98 P67; G50.1 X0 Y0; M09; M05; M30;	
			O0067; X20.0 Y - 34.641; Z - 4.0; G01 Z - 10.0 F100; G03 X0 Y - 40.0 R40.0; Z - 4.0; G00 Z50.0; X0 Y0; M99;	
5	铰孔		O0068; G90 G94 G40 G21 G17 G54; G91 G28 Z0.0; G90 G00 X0 Y0; M03 S900; M08; G90 G85 X0 Y0 Z - 32.0 R5.0 F100; G80; M09; M05; M30;	先把孔加工到 $\phi 9.5\text{mm}$, 然后铰孔

(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
6	加工椭圆锥台		<pre>O0068; G00 X0 Y0; Z5.0; #1 = 0; #2 = -10.0; #3 = 30.0; #4 = 20.0; N120 #5 = 0; G01 Z#2 F80; N150 #6 = #3 * COS [#5]; #7 = #4 * SIN# [#5]; G41 G01 X#6 Y#7 D01; #5 = #5 + 2.0; IF [#5LE360.0] GOTO150; G40 G01 X0 Y0; #1 = #1 + 0.1; #2 = #2 + 0.1; #3 = 30.0 + #1 * TAN [45.0]; #4 = 20.0 + #1 * TAN [45.0]; IF [#2LE0] GOTO120; G00 Z20.0; G91 G28 Z0; M30;</pre>	

五、样例小结

本例中加工腰形键槽，可选择 $\phi 7.8\text{mm}$ 的钻头打预钻孔后，采用 $\phi 10\text{mm}$ 的铣刀直接进行加工，采用预钻孔的优点是可使编程简单，缺点是由于钻头不能为平底，对垂直下刀有一定的影响。对于四个桃形凸台，可将其中一个编成一个子程序，利用坐标转换指令进行加工，如镜像指令可有效地简化程序。为提高加工效率，应尽量选用大直径刀具，但刀具直径大容易发生干涉，需根据实际加工空间确定所需的刀具直径。机械加工工艺是复杂多样的。对于任意一个具体的工件，往往可用多种加工方法来实现，由于影响加工性能的因素非常多，不能泛泛地评估哪一种加工方法最好，只能在一个特定的环境中，按图样的要求来评定某一种方案的优劣。优化的加工工艺能够实现高的切削效率，节省资源，降低生产成本。

职业技能鉴定样例7

考核目标

- 1) 掌握宏程序编程的应用方法。
- 2) 掌握局部坐标系的应用方法。
- 3) 能编制数控程序进行薄壁工件的加工。

一、考核要求

1. 总体要求

加工图 7-1 所示工件，试分析其加工工艺，并编写数控加工程序。本题分值为 100 分，考核时间为 240min。

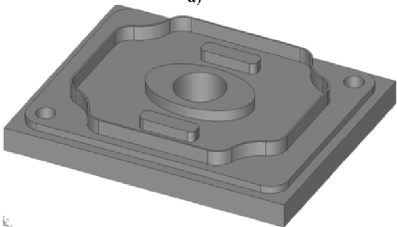
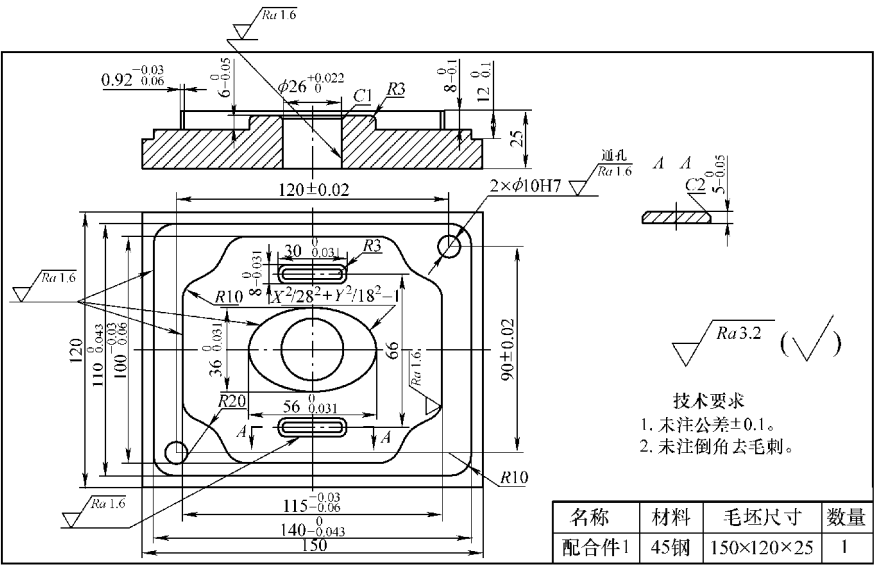
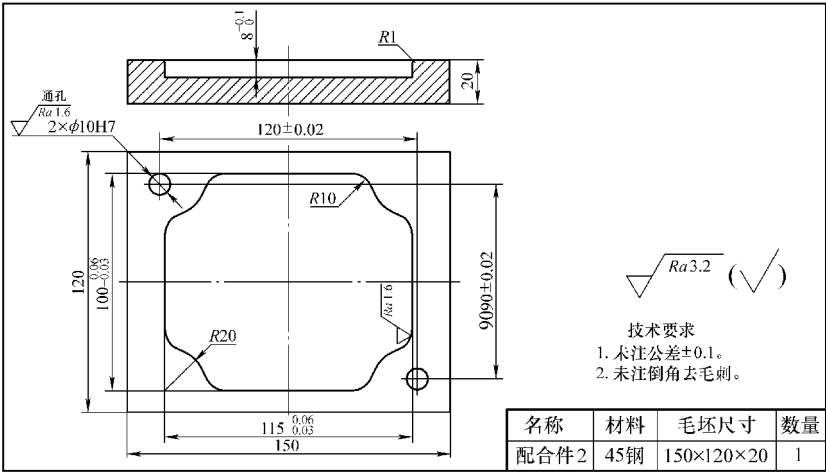
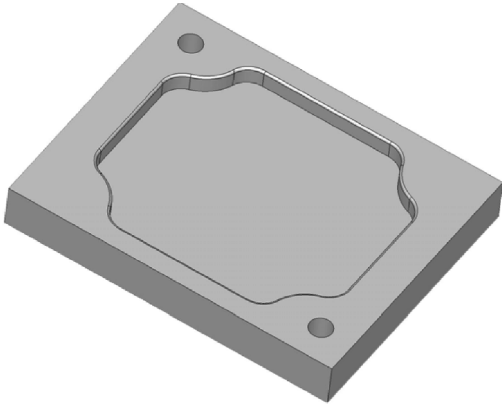


图 7-1 工件 7

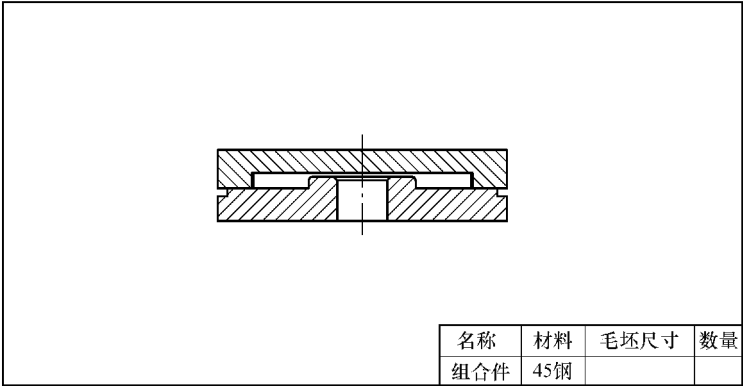
a) 件 1 零件图 b) 件 1 实体图



c)



d)



e)

图 7-1 工件 7 (续)
c) 件 2 零件图 d) 件 2 实体图 e) 配合零件图

2. 配分及评分标准

- 1) 操作技能考核总成绩见表 1-1。
- 2) 现场操作规范评分见表 1-2。
- 3) 工件质量评分见表 7-1。

表 7-1 工件质量评分表

序号	考核内容	考核要点	配分	评分标准	得分
1	件 1	$110 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.043 \end{smallmatrix} \text{ mm}$	3	超差 0.01mm 扣 1 分	
2		$140 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.043 \end{smallmatrix} \text{ mm}$	3	超差 0.01mm 扣 1 分	
3		$12 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.1 \end{smallmatrix} \text{ mm}$	2	超差不得分	
4		$115 \begin{smallmatrix} -0.03 \\ -0.06 \end{smallmatrix} \text{ mm}$	3	超差 0.01mm 扣 2 分	
5		$100 \begin{smallmatrix} -0.03 \\ -0.06 \end{smallmatrix} \text{ mm}$	3	超差 0.01mm 扣 2 分	
6		$0.92 \begin{smallmatrix} -0.03 \\ -0.06 \end{smallmatrix} \text{ mm}$	3	超差 0.01mm 扣 2 分	
7		$8 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.1 \end{smallmatrix} \text{ mm}$	3	超差不得分	
8		$56 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.031 \end{smallmatrix} \text{ mm}$	5	超差 0.01mm 扣 2 分	
9		$36 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.031 \end{smallmatrix} \text{ mm}$	5	超差 0.01mm 扣 2 分	
10		R3mm	3	超差不得分	
11		$6 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.05 \end{smallmatrix} \text{ mm}$	3	超差 0.01mm 扣 1 分	
12		$30 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.031 \end{smallmatrix} \text{ mm}$	4	超差 0.01mm 扣 2 分	
13		$8 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.031 \end{smallmatrix} \text{ mm}$	4	超差 0.01mm 扣 2 分	
14		$5 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.05 \end{smallmatrix} \text{ mm}$	3	超差 0.01mm 扣 1 分	
15		R3mm	3	超差不得分	
16		$\phi 26 \begin{smallmatrix} +0.022 \\ 0 \end{smallmatrix} \text{ mm}$	4	超差 0.01mm 扣 2 分	
17		$\phi 10H7$	4	超差不得分	
18		(120 ± 0.02) mm	2	超差 0.01mm 扣 1 分	
19		(90 ± 0.02) mm	2	超差 0.01mm 扣 1 分	
20	件 2	$115 \begin{smallmatrix} +0.06 \\ +0.03 \end{smallmatrix} \text{ mm}$	4	超差 0.01mm 扣 2 分	
21		$100 \begin{smallmatrix} +0.06 \\ +0.03 \end{smallmatrix} \text{ mm}$	4	超差 0.01mm 扣 2 分	
22		$8 \begin{smallmatrix} +0.1 \\ 0 \end{smallmatrix} \text{ mm}$	2	超差不得分	
23		$\phi 10H7$	3	超差不得分	
24		(120 ± 0.02) mm	3	超差 0.01mm 扣 1 分	
25		(90 ± 0.02) mm	2	超差 0.01mm 扣 1 分	
26	表面粗糙度	Ra1.6μm	2	超差一处扣 2 分, 不倒扣	
27		Ra3.2μm	2	超差一处扣 2 分, 不倒扣	

(续)

序号	考核内容	考核要点	配分	评分标准	得分
28	程序编制	指令正确，程序完整	2	不合理每处扣 1 分	
		数值计算正确，计算简化，有一定技巧	2	不合理每处扣 1 分	
		刀具补偿功能运用正确、合理	2	不合理每处扣 1 分	
		切削参数、坐标系选择正确	2	不合理每处扣 1 分	
29	加工工艺	工件定位、夹紧及刀具选择合理	2	不合理每处扣 2 分	
		加工顺序及刀具轨迹路线合理	2		
30	其他项目	工件完整、局部无缺陷	2	出现一处不得分	
		工件按时完成	2	超时不得分	
合 计					

二、加工准备

(1) 设备、材料准备 (见表 7-2)

表 7-2 设备、材料准备

序号	名 称	规 格	单位	数量	备 注
1	数控铣床	400mm × 800mm	台	1	
2	毛坯	150mm × 120mm × 25mm	件	1	45 钢
3	毛坯	150mm × 120mm × 20mm	件	1	45 钢

(2) 工、量、刃具准备 (见表 7-3)

表 7-3 工、量、刃具准备

(单位: mm)

序号	名 称	规 格	数量	备 注
1	游标卡尺	0.02/0 ~ 200	1	
2	千分尺	0 ~ 25、25 ~ 50、50 ~ 75、75 ~ 100、100 ~ 125	各 1	
3	百分表	0.01/0 ~ 10	1	
4	磁性表座		1	
5	内径量表	0.01/18 ~ 35	1	
6	内径千分尺	0.01/25 ~ 50	1	

(续)

序号	名 称	规 格	数 量	备 注
7	圆柱塞规	$\phi 10H7$	1	
8	游标深度卡尺	0.02/0 ~ 200	1	
9	深度千分尺	0.01/0 ~ 25	1	
10	半径样板	$R7 \sim R14.5$ 、 $R15 \sim R25$	各 1	
11	塞尺	150A13, 0.02 ~ 1	1 副	
12	钻头	中心钻、 $\phi 7.8$ 、 $\phi 9.8$ 、 $\phi 25.8$	各 1	
13	机用铰刀	$\phi 10H7$	1	
14	立铣刀	$\phi 8$ 、 $\phi 10$ 、 $\phi 16$ 、 $\phi 18$ 、 $\phi 20$	各 1	
15	面铣刀	$\phi 60$ (R 型面铣刀片)	1	
16	精镗刀头	$\phi 18 \sim \phi 35$	1	
17	刀柄、夹头	以上刀具相关刀柄、钻夹头、弹簧夹	若干	
18	夹具	精密平口钳及垫铁	1	
19	其他	常用数控铣床辅具	若干	

三、零件加工要求分析

1. 图样分析

(1) 工件类型 该工件属于薄壁类工件,主要加工平面、平面上的曲线、曲面及孔系。

(2) 工件材料及毛坯 该工件的材质为 45 钢。毛坯外形分别为 $150\text{mm} \times 120\text{mm} \times 25\text{mm}$ 和 $150\text{mm} \times 120\text{mm} \times 20\text{mm}$ 的四面体,四面相互平行,外形易于装夹。

(3) 加工内容及要求 该工件主要由平面、圆弧表面、曲线轮廓、孔系组成。按照工件的形状特点,工件 1、工件 2 的主要加工内容分为轮廓加工和孔加工两部分。

工件 1:

1) 轮廓加工。

① 薄壁轮廓,高度为 $8_{-0.1}^0\text{mm}$,轮廓尺寸为 $100_{-0.06}^{+0.03}\text{mm}$ 、 $115_{-0.06}^{+0.03}\text{mm}$ 、 $0.92_{-0.06}^{+0.03}\text{mm}$ 、 $R10\text{mm}$ 、 $R20\text{mm}$,曲线内、外轮廓周边的表面粗糙度均为 $Ra1.6\mu\text{m}$ 。

② 不规则曲线轮廓,高度为 $12_{-0.1}^0\text{mm}$,轮廓尺寸为 $110_{-0.043}^0\text{mm}$ 、 $140_{-0.043}^0\text{mm}$ 、 $R10\text{mm}$,表面粗糙度为 $Ra1.6\mu\text{m}$ 。

③ 两个圆弧凸台,高度为 $6_{-0.05}^0\text{mm}$,保证尺寸 $30_{-0.031}^0\text{mm}$ 、 $8_{-0.031}^0\text{mm}$ 、 $5_{-0.05}^0\text{mm}$ 、 $R3\text{mm}$,表面粗糙度为 $Ra1.6\mu\text{m}$ 。

④ 一个椭圆突起,高度为 $6_{-0.05}^0$ mm,保证尺寸 $56_{-0.031}^0$ mm、 $36_{-0.031}^0$ mm、 $6_{-0.05}^0$ mm、 $R3$ mm,表面粗糙度为 $Ra1.6\mu\text{m}$ 。

2) 孔加工。

① 两个通孔 $\phi 10H7$,表面粗糙度为 $Ra1.6\mu\text{m}$ 。

② 一个通孔 $\phi 26_{+0}^{+0.022}$ mm,表面粗糙度为 $Ra1.6\mu\text{m}$ 。

工件2:

1) 轮廓加工。凹型腔轮廓,深度为 $8_{+0}^{+0.1}$ mm,轮廓尺寸为 $115_{+0.03}^{+0.06}$ mm、 $100_{+0.03}^{+0.06}$ mm、 $8_{+0}^{+0.1}$ mm、 $R10$ mm、 $R20$ mm,型腔周边的表面粗糙度均为 $Ra1.6\mu\text{m}$ 。

2) 孔加工。两个通孔 $\phi 10H7$,表面粗糙度为 $Ra1.6\mu\text{m}$ 。

2. 工艺分析

1) 确定工艺基准。加工该工件,选择底面为装夹定位基准。

2) 难点分析。在工件坐标系中编程时,为了方便编程,可以设定工件坐标系的子坐标系,由此产生一个当前工件坐标系,此子坐标系称为局部坐标系。例如在精加工工件时,假设夹具沿 X 轴负方向移动 0.20 mm,此时,可在不调整夹具和不改变原工件坐标系设定数值的情况下,利用 $G52$ (TRANS) 指令,使系统基本坐标系内的数值与可设定坐标系内的数值进行代数运算后的数据作为实际坐标数值进行加工,较好地完成工件的加工。

FANUC 系统指令格式:

$G52 \quad X \_ \quad Y \_ \quad Z \_;$ (设定局部坐标系)

$G52 \quad X0 \quad Y0 \quad Z0;$ (取消局部坐标系)

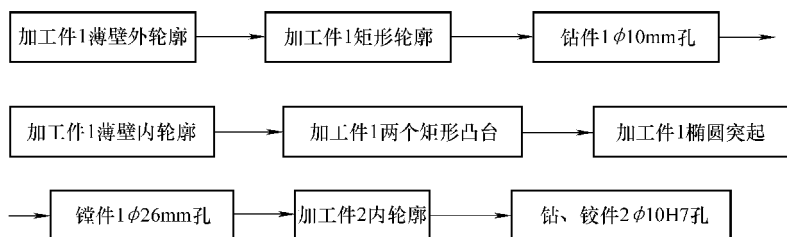
指令中的 $X \_ \quad Y \_ \quad Z \_$ 用于指定局部坐标系的原点在工件坐标系中的位置。该值用绝对坐标值指定。当指定了 $G52$ 指令 (设定或取消局部坐标系) 后,就消除了刀具半径补偿、刀具长度补偿等刀具偏置,在后续的程序段中必须重新指定刀具补偿,否则会发生撞刀或其他现象。

3) 工艺方案。通过对图样及加工难点的分析,该工件可以分两道工序完成:

工序一:以工件1底面和侧面找正定位夹紧,加工工件1各轮廓并钻、镗 $\phi 10H7$ 、 $\phi 26_{+0}^{+0.022}$,保证其与四周的对称度。

工序二:以工件2底面和两侧面为找正定位基准并装夹工件,加工工件2各轮廓并钻 $\phi 10H7$,保证其与四周的对称度。

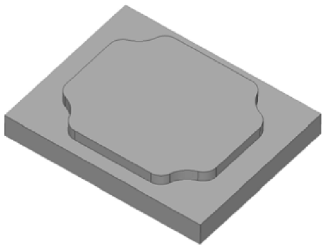
具体的加工路线图示如下:



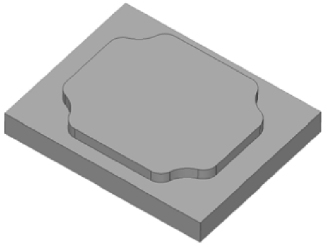
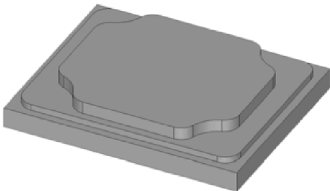


四、程序编制 (见表 7-4)

表 7-4 参考程序

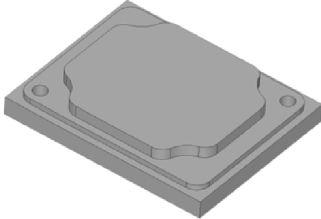
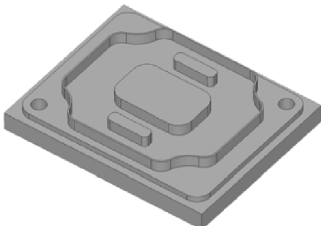
序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
1	加工件 1 薄壁 外轮廓		<pre> O0071; G90 G94 G40 G21 G17 G54; M03 S600; M08; G00 Z50.0; X-75.0 Y-70.0; Z-8.0; G01 Y60.0 F100; X75.0; Y-60.0; X-85.0; G00 Z50.0; M98 P72; G51.1 X0; M98 P72; G50.1 X0; G51.1 Y0; M98 P72; G50.1 Y0; G51.1 X0 Y0; M98 P72; G50.1 X0 Y0; G00 X-63.83 Y33.263; G00 Z-7.0; G01 Z-8.0; G41 G01 X-55.665 Y27.489 D01 F100; G02 X-50.833 Y31.144 R10.0; G03 X-38.644 Y43.333 R20.0; G02 X-29.216 Y50.0 R10.0; G01 X29.216; G02 X38.644 Y43.333 R10.0; G03 X50.833 Y31.144 R20.0; G02 X57.5 Y21.716 R10.0; G01 Y-21.716; G02 X50.833 Y-31.144 R10.0; G03 X38.644 Y-43.333 R20.0; G02 X29.216 Y-50.0 R10.0; G01 X-29.216; G02 X-38.644 Y-43.333 R10.0; G03 X-50.833 Y-31.144 R20.0; </pre>	主程序, 保证尺寸 R20mm, R10mm, Ra1.6μm, 115$^{-0.03}_{-0.06}$mm, 100$^{-0.03}_{-0.06}$mm, 用ϕ16mm 立铣刀, 用 01 号刀补

(续)

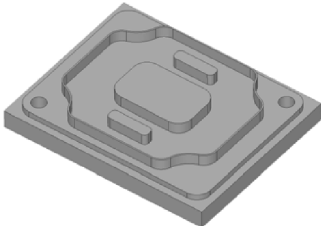
序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
1	加工件 1 薄壁 外轮廓		G02 X-57.5 Y-21.716 R10.0; G01 Y21.716; G02 X-55.665 Y27.489 R10.0; G40 G01 X-63.83 Y33.263; G00 Z50.0; M09; M05; M30;	主程序 , 保证尺寸 $R20\text{mm}$, $R10\text{mm}$, $Ra1.6\mu\text{m}$, $115_{-0.06}^{+0.03}\text{mm}$, $100_{-0.06}^{+0.03}\text{mm}$, 用 $\phi 16\text{mm}$ 立铣刀, 用 01 号刀补
			O0072; G90 G00 X-77.0 Y-45.457; Z-7.0; G01 Z-8.0 F100; X-52.281; G00 Z50.0; M99;	子程序
2	加工件 1 矩形轮廓		O0073; G90 G94 G40 G21 G17 G54; M03 S600; M08; G00 Z50.0; X-80.0 Y-70.0; Z-8.0; G41 G01 X-70.0 Y-45.0 D01 F100; Y-45.5; G02 X-60.0 Y55.0 R10.0; G01 X60.0 Y55.0; G02 X70.0 Y45.0 R10.0; G01 X70.0 Y-45.0; G02 X60.0 Y-55.0; G01 X-60.0 Y-55.0 R10.0; G02 X-70.0 Y-45.0 R10.0; G00 Z50.0; G40 G00 X0 Y0; M09; M05; M30;	保证尺寸 $110_{-0.043}^{+0}\text{mm}$, $140_{-0.0433}^{+0}\text{mm}$, $R10\text{mm}$, 用 $\phi 16\text{mm}$ 立铣刀, 用 01 号 刀补



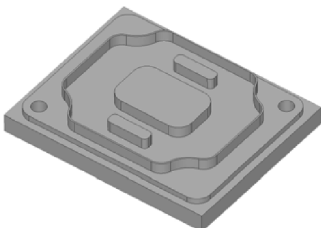
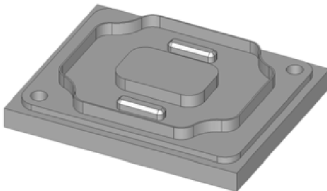
(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
3	钻件 1 $\phi 10$ 孔		O0074; G90 G94 G40 G21 G17 G54; M03 S900; M08; G00 Z50.0; X60.0 Y45.0; G83 X60.0 Y45.0 Z - 30.0 R5.0 Q5.0 F100; X - 60.0 Y - 45.0; G80; M09; M05; M30;	保证孔距 (120 ± 0.02) mm, 用 $\phi 10$ mm 钻头
4	加工件 1 薄壁内 轮廓		O0075; G90 G94 G40 G21 G17 G54; M03 S600; M08; G00 Z50.0; G00 X26.336 Y - 38.08; Z1.0; G01 Z - 8.0 F100; Y - 40.08; X29.216; G03 X29.291 Y - 40.027 R0.08; G02 X47.527 Y - 21.791 R29.92; G03 X47.58 Y - 21.716 R0.08; G01 Y21.716; G03 X47.527 Y21.791 R0.08; G02 X29.291 Y40.027 R29.92; G03 X29.216 Y40.08 R0.08; G01 X23.457; G02 X24.0 Y37.0 R9.0; G01 Y29.0; G02 X23.544 Y26.173 R9.0; X37.0 Y8.0 R19.0; G01 Y - 8.0; G02 X23.544 Y - 26.173 R19.0; X24.0 Y - 29.0 R9.0; G01 Y - 37.0; G02 X23.457 Y - 40.08 R9.0; G01 X26.336; Y - 38.08;	粗加工, 为精加工留 1mm 余量。用 $\phi 16$ mm 立铣刀

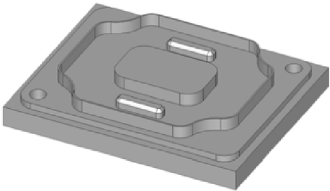
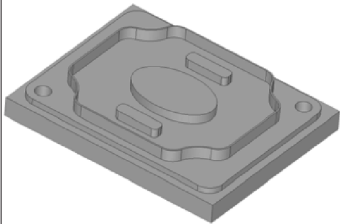
(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
4	加工件 1 薄壁内 轮廓		<pre> G00 Z50.0; X -26.336 Y38.08; Z1.0; G01 Z -8.0; Y40.08; X -29.216; G03 X -29.291 Y40.027 R0.08; G02 X -47.527 Y21.791 R29.92; G03 X -47.58 Y21.716 R0.08; G01 Y -21.716; G03 X -47.527 Y -21.791 R0.08; G02 X -29.291 Y -40.027 R29.92; G03 X -29.216 Y -40.08 R0.08; G01 X -23.457; G02 X -24.0 Y -37.0 R9.0; G01 Y -29.0; G02 X -23.544 Y -26.173 R9.0; X -37.0 Y -8.0 R19.0; G01 Y8.0; G02 X -23.544 Y26.173 R19.0; X -24.0 Y29.0 R9.0; G01 Y37.0; G02 X -23.457 Y40.08 R9.0; G01 X -26.336; Y38.08; G00 Z50.0; M09; M05; M30; </pre>	粗加工, 为精加工留 1mm 余量。用 $\phi 16\text{mm}$ 立铣刀
			<pre> O0076; G90 G94 G40 G21 G17 G54; M03 S600; M08; G00 Z50.0; G00 X -28.685 Y39.249; Z1.0; G01 Z -8.0 F100; G41 X -34.458 Y47.414 D01 F100; </pre>	精加工, 保证尺寸 $R20\text{mm}$, $R10\text{mm}$, $Ra1.6\mu\text{m}$, $115_{-0.06}^{-0.03}\text{mm}$, $100_{-0.06}^{-0.03}\text{mm}$ 用 $\phi 16\text{mm}$ 立铣刀, 用 01 号刀补

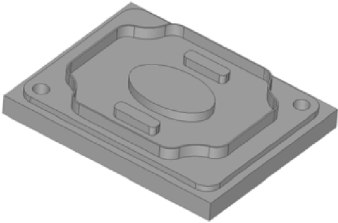
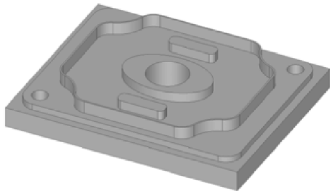
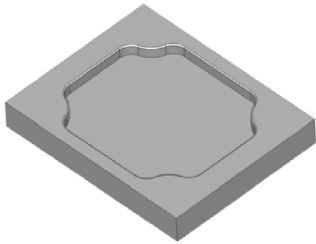
(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
4	加工件 1 薄壁内 轮廓		G03 X - 37.776 Y43.027 R9.08; G02 X - 50.527 Y30.276 R20.92; G03 X - 56.58 Y21.716 R9.08; G01 Y - 21.716; G03 X - 50.527 Y - 30.276 R9.08; G02 X - 37.776 Y - 43.027 R20.92; G03 X - 29.216 Y - 49.08 R9.08; G01 X29.216; G03 X37.776 Y - 43.027 R9.08; G02 X50.527 Y - 30.276 R20.92; G03 X56.58 Y - 21.716 R9.08; G01 Y21.716; G03 X50.527 Y30.276 R9.08; G02 X37.776 Y43.027 R20.92; G03 X29.216 Y49.08 R9.08; G01 X - 29.216; G03 X - 34.458 Y47.414 R9.08; G40 G01 X - 28.685 Y39.249; G00 Z50.0; M09; M05; M30;	精加工, 保证尺寸 R20mm, R10mm, Ra1.6 μ m, 115 $_{-0.06}^{+0.03}$ mm, 100 $_{-0.06}^{+0.03}$ mm 用 ϕ 16mm 立铣 刀, 用 01 号刀补
5	加工件 1 两个矩 形凸台		O0077; G90 G94 G40 G21 G17 G54; M03 S600; M08; G00 Z50.0; M98 P78; G51.1 Y0; M98 P78; G50.1 Y0; M09; M05; M30;	主程序。保证尺寸 30 $_{-0.031}^{+0}$ mm, 8 $_{-0.031}^{+0}$ mm, Ra1.6 μ m, R3mm 用 ϕ 10mm 立铣 刀, 用 02 号刀补 C2 倒角用专用刀 具加工即可

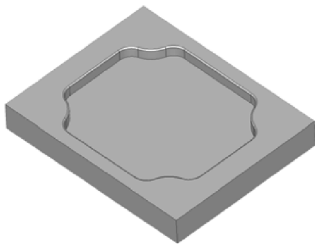
(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
5	加工件 1 两个矩形凸台		<pre> O0078; G00 X-18.364 Y40.364; Z-1.0; G01 Z-7.0 F100; G41 G01 X-14.121 Y36.121 D02; G02 X-12.0 Y37.0 R3.0; G01 X12.0; G02 X15.0 Y34.0 R3.0; G01 Y32.0; G02 X12.0 Y29.0 R3.0; G01 X-12.0; G02 X-15.0 Y32.0 R3.0; G01 Y34.0; G02 X-14.121 Y36.121 R3.0; G01 X-18.364 Y40.364; G00 Z50.0; Z-6.0; G01 Z-8.0; X-14.121 Y36.121; G02 X-12.0 Y37.0 R3.0; G01 X12.0; G02 X15.0 Y34.0 R3.0; G01 Y32.0; G02 X12.0 Y29.0 R3.0; G01 X-12.0; G02 X-15.0 Y32.0 R3.0; G01 Y34.0; G02 X-14.121 Y36.121 R3.0; G40 G01 X-18.364 Y40.364; G00 Z50.0; M99; </pre>	件 1 两个矩形凸台 子程序
6	加工件 1 1 椭圆突起		<pre> O0079; G90 G94 G40 G21 G17 G54; M03 S600; M08; G00 Z5.0; X35.0 Y0; #1=0; #2=3.0; #3=6.0; N40 #4=#2 * [1 - COS [#1]] +2; #5=#3 - #2 * [1 - SIN [#1]]; G01 Z-#4 F60; G10 L12 P1 R#5; #105=360.0; #106=28.0 * COS [#105]; </pre>	保证尺寸 $36_{-0.031}^0 \text{ mm}$, $56_{-0.031}^0 \text{ mm}$, 用 $\phi 8 \text{ mm}$ 立铣刀, 用 03 号刀补

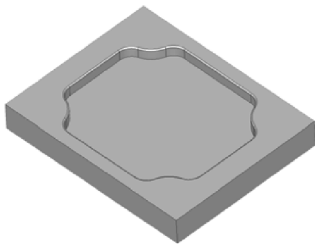
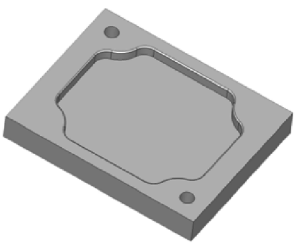
(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
6	加工件 1 椭圆 突起		<pre> N100 #107 = 18.0 * SIN [#105]; G41 G01 X#106 Y#107 D03; #105 = #105 - 1.0; IF [#105GE0.0] GOTO100; #1 = #1 + 1.0; IF [#1LE90.0] GOTO40; M09; M05; M30; </pre>	保证尺寸 $36_{-0.031}^0$ mm, $56_{-0.031}^0$ mm, 用 $\phi 8$ mm 立铣刀, 用 03 号刀补
7	镗件 1 $\phi 26$ mm 孔		<pre> O0080; G90 G94 G40 G21 G17 G54; M03 S900; M08; G00 Z50.0; X0 Y0; G90 G85 X0 Y.0 Z-25.0 R5.0 F100; G80; M09; M05; </pre>	在镗孔之前, 先钻孔, 然后扩孔至 $\phi 25.5$ mm, 最后镗孔。镗孔用 $\phi 26$ mm 镗刀。倒角用专用刀具
8	加工件 2 内轮廓		<pre> O0081; G90 G94 G40 G21 G17 G54; M03 S600; M08; G00 Z50.0; G00 X-29.216 Y-41.0; Z1.0; G01 Z-8.0 F100; X-29.222 Y-40.999; X29.222; X29.519 Y-40.953; X29.793 Y-40.816; X30.013 Y-40.603; X30.159 Y-40.333; X31.89 Y-36.394; X34.185 Y-32.754; X36.994 Y-29.494; X38.497 Y-28.199; X-38.497; X-40.254 Y-26.685; X-43.894 Y-24.39; X-47.833 Y-22.659; X-48.103 Y-22.513; X-48.316 Y-22.293; X-48.453 Y-22.019; X-48.5 Y-21.716; Y-15.399; X48.5; Y-2.599; X-48.5; </pre>	件 2 内轮廓粗加工 用 $\phi 16$ mm 立铣刀

(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
8	加工件 2 内轮廓		Y10.201; X48.5; Y21.716; X48.453 Y22.019; X48.316 Y22.293; X48.103 Y22.513; X47.833 Y22.659; X47.054 Y23.001; X-47.054; X-43.894 Y24.39; X-40.254 Y26.685; X-36.994 Y29.494; X-34.185 Y32.754; X-32.264 Y35.801; X32.264; X31.89 Y36.394; X30.159 Y40.333; X30.013 Y40.603; X29.793 Y40.816; X29.519 Y40.953; X29.216 Y41.0; X-29.216; G00 Z50.0; M09; M05; M30;	件 2 内轮廓粗加工 用 $\phi 16\text{mm}$ 立铣刀
			O0082; G90 G94 G40 G21 G17 G54; M03 S600; M08; G00 Z50.0; G00 X-47.5 Y-21.716; Z1.0; G01 Z-8.0 F100; G41 G01 X-55.665 Y-27.489 D01 F100; G03 X-50.833 Y-31.144 R10.0; G02 X-38.644 Y-43.333 R20.0; G03 X-29.216 Y-50.0 R10.0; G01 X29.216; G03 X38.644 Y-43.333 R10.0; G02 X50.833 Y-31.144 R20.0; G03 X57.5 Y-21.716 R10.0;	件 2 内轮廓精加工。保证尺寸 $115^{+0.06}_{+0.08}\text{mm}$, $100^{+0.06}_{+0.08}\text{mm}$, $R20\text{mm}$, $R10\text{mm}$, $Ra1.6\mu\text{m}$ 用 $\phi 16\text{mm}$ 立铣刀, 用 01 号刀补

(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
8	加工件 2 内轮廓		<pre> G01 Y21.716; G03 X50.833 Y31.144 R10.0; G02 X38.644 Y43.333 R20.0; G03 X29.216 Y50.0 R10.0; G01 X-29.216; G03 X-38.644 Y43.333 R10.0; G02 X-50.833 Y31.144 R20.0; G03 X-57.5 Y21.716 R10.0; G01 Y-21.716; G03 X-55.665 Y-27.489 R10.0; G40 G01 X-47.5 Y-21.716; G00 Z50.0; M09; M05; M30; </pre>	件 2 内轮廓精加工。保证尺寸 $115^{+0.06}_{+0.03}\text{mm}$, $100^{+0.06}_{+0.03}\text{mm}$, $R20\text{mm}$, $R10\text{mm}$, $Ra1.6\mu\text{m}$ 用 $\phi 16\text{mm}$ 立铣刀, 用 01 号刀补
9	钻、铰 件 2 $\phi 10\text{H}7$ 孔		<pre> O0083; G90 G94 G40 G21 G17 G54; M03 S900; M08; G00 Z50.0; X-60.0 Y45.0; G83 X60.0 Y-45.0 Z-25.0 R5.0 Q5.0 F100; X65.0 Y-45.0 G80; M09; M05; M30; </pre>	用 $\phi 10\text{mm}$ 钻头。保证孔距 (120 ± 0.02) mm, (90 ± 0.02) mm

五、样例小结

本例中使用了局部坐标系的加工, 可使程序结构清晰、语句简单, 使加工程序的长度大为缩短, 提高加工效率。

职业技能鉴定样例 8

考核目标

- 1) 掌握宏程序编程的应用方法。
- 2) 掌握腰形凸台的加工方法。
- 3) 能编制数控程序进行薄壁工件的加工。

一、考核要求

1. 总体要求

加工图 8-1 所示工件，试分析其加工工艺，并编写数控加工程序。本题分值为 100 分，考核时间为 240min。

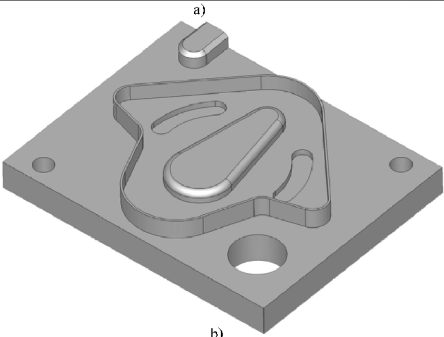
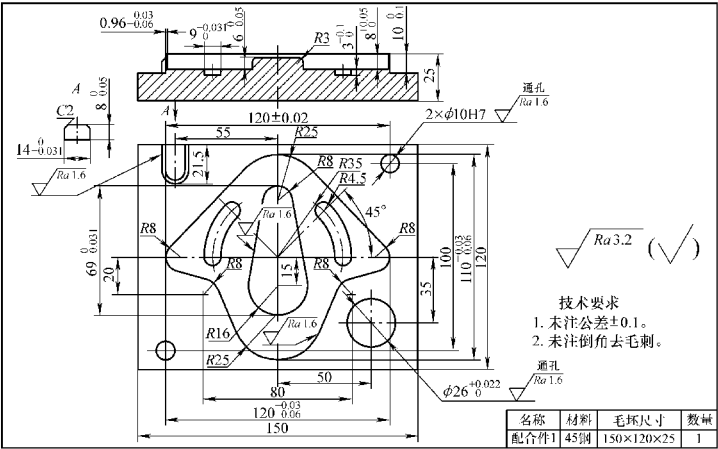
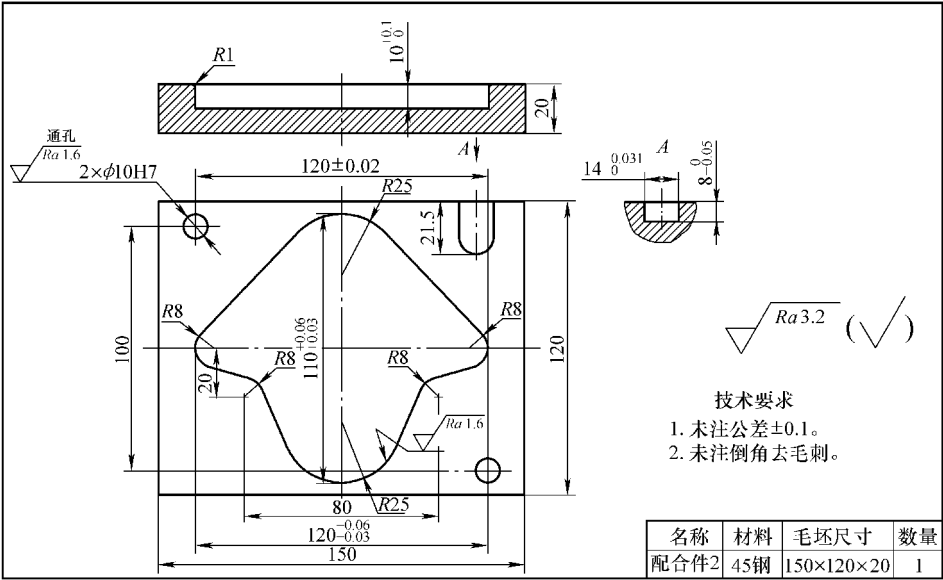
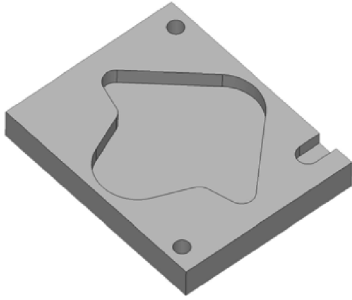


图 8-1 工件 8

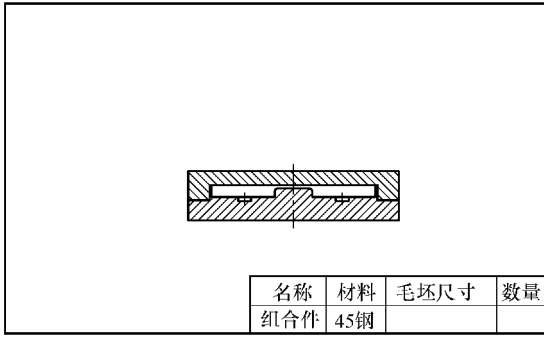
a) 件 1 零件图 b) 件 1 实体图



c)



d)



e)

图 8-1 工件 8 (续)

c) 件 2 零件图 d) 件 2 实体图 e) 配合零件图

2. 配分及评分标准

- 1) 操作技能考核总成绩见表 1-1。
- 2) 现场操作规范评分见表 1-2。
- 3) 工件质量评分见表 8-1。

表 8-1 工件质量评分表

序号	考核内容	考核要点	配分	评分标准	得分
1	件 1	$120_{-0.06}^{-0.03}$ mm	2	超差 0.01 mm 扣 1 分	
2		$110_{-0.06}^{-0.03}$ mm	2	超差 0.01 mm 扣 1 分	
3		$0.96_{-0.06}^{-0.03}$ mm	3	超差 0.01 mm 扣 1 分	
4		$10_{-0.1}^0$ mm	3	超差不得分	
5		$69_{-0.031}^0$ mm	3	超差 0.01 mm 扣 2 分	
6		R3 mm	5	超差不得分	
7		$6_{-0.05}^0$ mm	4	超差 0.01 mm 扣 2 分	
8		$14_{-0.031}^0$ mm	4	超差 0.01 mm 扣 2 分	
9		C2	5	超差不得分	
10		$8_{-0.05}^0$ mm	3	超差 0.01 mm 扣 1 分	
11		$9_{+0.031}^{+0.031}$ mm	5	超差 0.01 mm 扣 2 分	
12		$3_{+0.1}^{+0.1}$ mm	5	超差不得分	
13		$\phi 26_{+0.022}^{+0.022}$ mm	4	超差 0.01 mm 扣 2 分	
14		$\phi 10H7$	4	超差不得分	
15		(120 ± 0.02) mm	2	超差 0.01 mm 扣 1 分	
16		100 mm	2	超差不得分	
17	件 2	$120_{+0.03}^{+0.06}$ mm	4	超差 0.01 mm 扣 2 分	
18		$110_{+0.03}^{+0.06}$ mm	4	超差 0.01 mm 扣 2 分	
19		$10_{+0.1}^{+0.1}$ mm	3	超差不得分	
20		R1 mm	2	超差不得分	
21		$14_{+0.031}^{+0.031}$ mm	3	超差 0.01 mm 扣 1 分	
22		$8_{+0.05}^{+0.05}$ mm	3	超差 0.01 mm 扣 1 分	
23		$\phi 10H7$	2	超差不得分	
24		(120 ± 0.02) mm	2	超差 0.01 mm 扣 1 分	
25		100 mm	1	超差不得分	
26	表面粗糙度	Ra1.6 μm	2	超差一处扣 2 分, 不倒扣	
27		Ra3.2 μm	2	超差一处扣 2 分, 不倒扣	

(续)

序号	考核内容	考核要点	配分	评分标准	得分
28	程序编制	指令正确，程序完整	2	不合理每处扣 1 分	
		数值计算正确，计算简化，有一定技巧	2	不合理每处扣 1 分	
		刀具补偿功能运用正确、合理	2	不合理每处扣 1 分	
		切削参数、坐标系选择正确	2	不合理每处扣 1 分	
29	加工工艺	工件定位、夹紧及刀具选择合理	2	不合理每处扣 2 分	
		加工顺序及刀具轨迹路线合理	2		
30	其他项目	工件完整、局部无缺陷	2	出现一处不得分	
		工件按时完成	2	超时不得分	
合 计					

二、加工准备

(1) 设备、材料准备 (见表 8-2)

表 8-2 设备、材料准备

序号	名 称	规 格	单位	数量	备注
1	数控铣床	400mm × 800mm	台	1	
2	毛坯	150mm × 120mm × 25mm	件	1	45 钢
3	毛坯	150mm × 120mm × 20mm	件	1	45 钢

(2) 工、量、刃具准备 (见表 8-3)

表 8-3 工、量、刃具准备

(单位: mm)

序号	名 称	规 格	数量	备注
1	游标卡尺	0.02/0 ~ 200	1	
2	游标万能角度尺	2'/0 ~ 320°	1	
3	千分尺	0 ~ 25、25 ~ 50、50 ~ 75、75 ~ 100、100 ~ 125	各 1	
4	百分表	0.01/0 ~ 10	1	
5	磁性表座		1	
6	内径量表	0.01/18 ~ 35	1	
7	内径千分尺	0.01/25 ~ 50	1	

(续)

序号	名 称	规 格	数量	备注
8	圆柱塞规	$\phi 10H7$ 、 $\phi 26H7$	1	
9	游标深度卡尺	0.02/0 ~ 200	1	
10	深度千分尺	0.01/0 ~ 25	1	
11	半径样板	$R1 \sim R6.5$ 、 $R7 \sim R14.5$ 、 $R15 \sim R25$	各 1	
12	塞尺	150A13, 0.02 ~ 1	1 副	
13	钻头	中心钻, $\phi 8$ 、 $\phi 9.8$ 、 $\phi 25.8$	各 1	
14	机用铰刀	$\phi 10H7$	1	
15	立铣刀	$\phi 8$ 、 $\phi 10$ 、 $\phi 12$ 、 $\phi 14$ 、 $\phi 20$	各 1	
16	面铣刀	$\phi 60$ (R 型面铣刀片)	1	
17	精镗刀头	$\phi 18 \sim \phi 35$	1	
18	刀柄、夹头	以上刀具相关刀柄、钻夹头、弹簧夹	若干	
19	夹具	精密平口钳及垫铁	1	
20	其他	常用数控铣床辅具	若干	

三、零件加工要求分析

1. 图样分析

(1) 工件类型 该工件属于薄壁类工件, 主要加工平面、平面上的曲线、曲面及孔系。

(2) 工件材料及毛坯 该工件的材质为 45 钢。毛坯外形分别为 $150\text{mm} \times 120\text{mm} \times 25\text{mm}$ 、 $150\text{mm} \times 120\text{mm} \times 20\text{mm}$ 的四面体, 四面相互平行, 外形易于装夹。

(3) 加工内容及要求 该工件主要由平面、圆弧表面、曲线轮廓、孔系组成。按照工件的形状特点, 该工件 1、2 的主要加工内容分为轮廓加工、孔加工、槽加工三部分。

工件 1:

1) 轮廓加工。

① 薄壁轮廓, 高度为 $10_{-0.1}^0 \text{mm}$, 轮廓尺寸为 $120_{-0.06}^{+0.03} \text{mm}$, $110_{-0.06}^{+0.03} \text{mm}$, $0.96_{-0.06}^{+0.03} \text{mm}$, $R8\text{mm}$, $R25\text{mm}$, 曲线内、外轮廓周边的表面粗糙度均为 $Ra1.6\mu\text{m}$ 。

② 不规则曲线轮廓, 高度为 $8_{-0.05}^0 \text{mm}$, 轮廓尺寸为 $14_{-0.031}^0 \text{mm}$, $C2$, 表面粗糙度为 $Ra1.6\mu\text{m}$ 。

③ 不规则曲线轮廓, 高度为 $6_{-0.05}^0 \text{mm}$, 保证尺寸 $69_{-0.031}^0 \text{mm}$, $R3\text{mm}$, $R8\text{mm}$, $R16\text{mm}$, 表面粗糙度为 $Ra1.6\mu\text{m}$ 。

2) 孔加工。



① 两个通孔 $\phi 10H7$ ，表面粗糙度为 $Ra1.6\mu m$ 。

② 一个通孔 $\phi 26^{+0.022}_0 mm$ ，表面粗糙度为 $Ra1.6\mu m$ 。

3) 槽加工。两个圆弧槽，保证尺寸 $9^{+0.031}_0 mm$ ， $3^{+0.1}_0 mm$ ， $R4.5mm$ ， 45° 。

工件 2:

1) 轮廓加工。凹型腔轮廓，深度为 $10mm$ ，轮廓尺寸为 $120^{+0.06}_{+0.03} mm$ ， $110^{+0.06}_{+0.03} mm$ ， $10^{+0.1}_0 mm$ ， $R1mm$ ， $R8mm$ ， $R25mm$ ，型腔周边的表面粗糙度均为 $Ra1.6\mu m$ 。

2) 孔加工。两个通孔 $\phi 10H7$ ，表面粗糙度为 $Ra1.6\mu m$ 。

3) 槽加工。一个键槽，保证尺寸 $21.5mm$ ， $14^{+0.031}_0 mm$ ， $8^{+0.05}_0 mm$ 。

2. 工艺分析

(1) 确定工艺基准 加工该工件时选择底面为装夹定位基准。

(2) 难点分析 薄壁零件因其具有重量轻、节约材料、结构紧凑等特点，已广泛应用于各工业部门。但薄壁零件的加工是铣削中比较棘手的问题，因为薄壁零件刚性差、强度弱，在切削力、切削热、切削震颤等因素影响下，易发生加工变形，不易控制加工精度和提高加工效率。所以，加工变形和加工效率问题成为薄壁结构加工的重要约束。薄壁零件铣削时的变形是多方面的，主要来自于装夹工件时的夹紧力，切削工件时的切削力，工件阻碍刀具切削时产生的弹性变形和塑性变形，使切削区温度升高而产生热变形。

1) 薄形工件的种类与特征。对板状工件而言，薄形工件是指宽厚比值 $B/H \geq 10$ 的工件。类似于薄形板状工件，薄形盘状工件是指其外形直径与工件厚度的比值较大的工件；薄形环状工件是指工件圆柱外径与其厚度的比值较大的工件；薄形套类工件是指工件外圆直径与套壁厚度的比值较大的工件，薄壁箱体类工件是指箱体的外形尺寸与其壁厚的比值较大的工件。

2) 影响薄形工件加工精度的因素。除了与普通零件相类似的影响因素外，影响薄形工件加工精度的因素还有以下几点：

① 薄形工件的厚度。薄形工件的厚度小，在铣削加工中受切削力的作用后容易产生振动，因此加工精度难以控制；定位装夹比较困难，容易产生装夹变形，从而影响加工精度；在铣削加工过程中因受切削力作用而发生塑性变形和弹性变形，会影响加工精度，严重时会产生废品。

② 由于壁厚尺寸较小，在铣削加工过程中因铣刀的多切削刃产生断续铣削冲击力，对于装夹后夹紧力不大的工件会产生位移，从而影响加工精度。

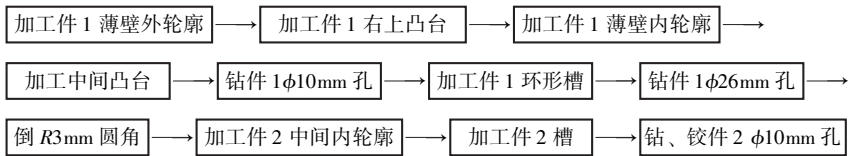
③ 一些薄形工件的切削加工性能较差，在铣削加工过程中刀具容易崩刃、崩尖、磨损、损坏，影响铣刀的使用寿命，阻碍铣削过程的正常进行，从而影响工件的加工精度。

④ 由于薄形工件的特殊性，加之材料切削加工性能的因素，刀具几何角度和切削用量的选择会相应有所改变，就使得加工时的选择和确定比较困难，若选用不当，常会引起加工精度误差，甚至造成刀具损坏、工件变形，甚至报废。

(3) 工艺方案 通过对图样及加工难点的分析,该工件可以分两道工序完成:
工序一:以工件 1 底面和侧面找正定位夹紧,加工工件 1 各轮廓并钻、镗 $\phi 10H7$ 、 $\phi 26^{+0.022}_0$ mm,保证其与四周的对称度。

工序二:以工件 2 底面和两侧面为找正定位基准并装夹工件,加工工件 2 各轮廓并钻 $\phi 10H7$,保证其与四周的对称度。

具体的加工路线如下:

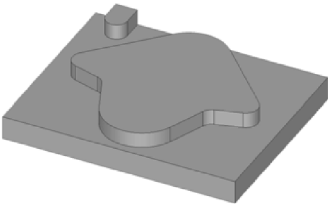


四、程序编制 (见表 8-4)

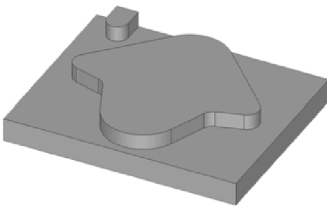
表 8-4 参考程序

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
1	加工工件 1 薄壁外轮廓		O0081; G90 G94 G40 G21 G17 G54; M03 S600; M08; G00 Z50.0; G00 X-75.0 Y6.856; Z1.0; G01 Z-8.0 F100; X-74.999 Y6.859; Y35.735; X-73.008 Y32.787; X-70.586 Y30.18; X-67.79 Y27.978; X-65.399 Y26.634; Y20.736; X-61.355 Y24.988; Y24.989; G00 Z50.0; X-75.0 Y6.856; Z-1.0; G01 Z-10.0; X-74.999 Y6.859; Y35.735; X-73.008 Y32.787; X-70.586 Y30.18; X-67.79 Y27.978; X-65.399 Y26.634; Y20.736; X-61.355 Y24.988; Y24.989;	去余量粗加工。用 $\phi 16$ mm 立铣刀

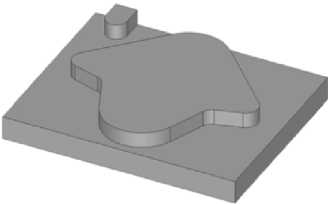
(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
1	加工件 1 薄壁 外轮廓		G00 Z50.0; X-74.999 Y-60.0; Z1.0; G01 Z-8.0 F100; Y-6.858; X-73.532 Y-10.6; X-71.46 Y-14.047; X-68.840 Y-17.1; X-65.748 Y-19.672; X-65.399 Y-19.875; Y-60.0; X-55.799; Y-23.863; X-46.199 Y-26.566; Y-60.0; X-36.599; Y-48.362; X-35.909 Y-49.787; X-33.620 Y-53.466; X-30.956 Y-56.883; X-27.948 Y-59.998; Y-60.0; G00 Z50.0; X-74.999; Z-1.0; G01 Z-10.0; Y-6.858; X-73.532 Y-10.6; X-71.46 Y-14.047; X-68.840 Y-17.1; X-65.748 Y-19.672; X-65.399 Y-19.875; Y-60.0; X-55.799; Y-23.863; X-46.199 Y-26.566; Y-60.0; X-36.599; Y-48.362; X-35.909 Y-49.787; X-33.620 Y-53.466; X-30.956 Y-56.883; X-27.948 Y-59.998; Y-60.0;	去余量粗加工。用 $\phi 16\text{mm}$ 立铣刀

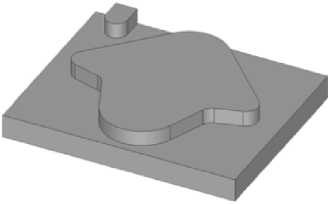
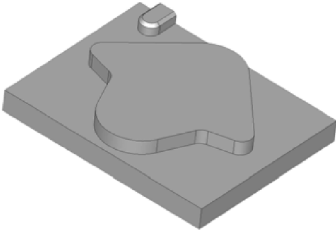
(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
1	加工件 1 薄壁 外轮廓		G00 Z50.0; X27.947; Z1.0; G01 Z-8.0 F100; Y-59.999; X30.956 Y-56.883; X33.620 Y-53.466; X35.909 Y-49.787; X37.547 Y-46.402; Y-60.0; X47.147; Y-26.299; X56.747 Y-23.596; Y-60.0; X66.347; Y-19.173; X68.840 Y-17.1; X71.46 Y-14.047; X73.532 Y-10.6; X75.0 Y-6.856; Y-60.0; G00 Z50.0; X27.947; Z-1.0; G01 Z-10.0; Y-59.999; X30.956 Y-56.883; X33.620 Y-53.466; X35.909 Y-49.787; X37.547 Y-46.402; Y-60.0; X47.147; Y-26.299; X56.747 Y-23.596; Y-60.0; X66.347; Y-19.173; X68.840 Y-17.1; X71.46 Y-14.047; X73.532 Y-10.6; X75.0 Y-6.856; Y-60.0; G00 Z50.0; X27.946 Y60.0; Z1.0; G01 Z-8.0 F100; X27.947 Y59.999;	去余量粗加工。用 $\phi 16\text{mm}$ 立铣刀

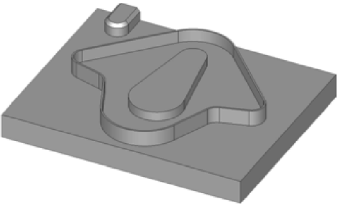
(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
1	加工件 1 薄壁 外轮廓		Y60.0; X37.547; Y50.015; X47.147 Y39.923; Y60.0; X56.747; Y29.831; X66.347 Y19.739; Y60.0; X75.0; Y6.856; G00 Z50.0; X27.946 Y60.0; Z-1.0; G01 Z-10.0; X27.947 Y59.999; Y60.0; X37.547; Y50.015; X47.147 Y39.923; Y60.0; X56.747; Y29.831; X66.347 Y19.739; Y60.0; X75.0; Y6.856; G00 Z50.0; M09; M05; M30;	去余量粗加工。用 $\phi 16\text{mm}$ 立铣刀
			O0082; G90 G94 G40 G21 G17 G54; M03 S600; M08; G00 Z50.0; G00 X-41.324 Y-21.499; Z1.0; G01 Z-10.0 F100; G41 G01 X-34.703 Y-14.005 D01 F100; G03 X-37.832 Y-12.299 R8.0; G01 X-54.168 Y-7.701; G02 X-57.796 Y5.514 R8.0; G01 X-18.114 Y47.231; G02 X18.114 R25.0; G01 X57.796 Y5.514;	精加工, 保证尺寸 $120_{-0.06}^{+0.03}\text{mm}$, $110_{-0.06}^{+0.03}\text{mm}$, $0.96_{-0.06}^{+0.03}\text{mm}$, $10_{-0.1}^0\text{mm}$, $Ra1.6\mu\text{m}$ 用 $\phi 16\text{mm}$ 立铣刀, 用 01 号刀补

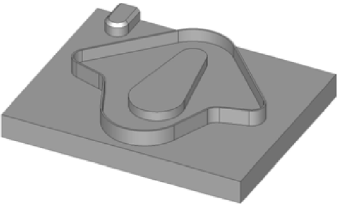
(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
1	加工件 1 薄壁 外轮廓		G02 X54.168 Y-7.701 R8.0; G01 X37.832 Y-12.299; G03 X32.625 Y-16.9 R8.0; G01 X23.047 Y-39.687; G02 X-23.047 R25.0; G01 X-32.625 Y-16.9; G03 X-34.703 Y-14.005 R8.0; G40 G01 X-41.324 Y-21.499; G00 Z50.0; M09; M05; M30;	精加工, 保证尺寸 $120_{-0.06}^{+0.03}$ mm, $110_{-0.06}^{+0.03}$ mm, $0.96_{-0.06}^{+0.03}$ mm, $10_{-0.1}^{+0}$ mm, $Ra1.6\mu\text{m}$ 用 $\phi 16$ mm 立铣刀, 用 01 号刀补
2	加工件 1 右上凸台		O0083; G90 G94 G40 G21 G17 G54; M03 S600; M08; G00 Z50.0; G00 X-62.0 Y75.0; Z1.0; G01 Z-10.0 F100; G42 G01 X-62.0 D01 F100; Y47.094; G03 X-48.0 R7.0; G01 Y60.0; G40 G01 Y80.0; G00 Z50.0; M09; M05; M30;	件 1 右上凸台加工程序。用 $\phi 16$ mm 立铣刀, 用 01 号刀补 保证尺寸 21.5mm, 55mm , $14_{-0.031}^{+0}$ mm, $8_{-0.05}^{+0}$ mm
			O0084; G90 G94 G40 G21 G17 G54; M03 S600; M08; G00 Z5.0; #1=0; #2=45.0; #3=6.0; #6=2.0; N50 #4=#1-2.0; #5=#3-[#6-#1]*TAN[#2]; G01 Z#4 F60; G10 L12 P1 R#5; G41 G01 X-65.0 Y63.0 D04; G01 Y43.5; G03 X-50.0 R5.0; G01 Y63.0; G40 G01 X-70.0 Y70.0; #1=#1+0.1; IF [#1LE#6] GOTO50; M09; M05; M30;	C2 倒角加工 用 $\phi 12$ mm 立铣刀, 用 04 号刀补

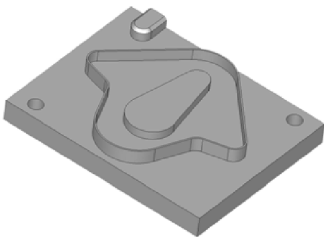
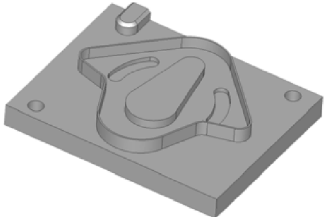
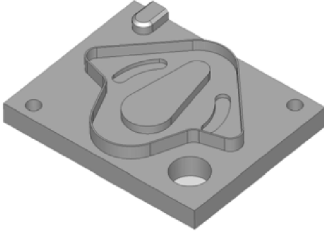
(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
3	加工件 1 薄壁 内轮廓		O0085; G90 G94 G40 G21 G17 G54; M03 S600; M08; G00 Z50.0; G00 X-51.074 Y0.254; Z1.0; G01 Z-8.0 F100; G41 G01 X-58.789 Y-1.864 D02 F100; G03 X-53.908 Y-6.776 R7.04; G01 X-37.572 Y-11.375; G02 X-31.74 Y-16.528 R8.96; G01 X-22.162 Y-39.315; G03 X22.162 R24.04; G01 X31.74 Y-16.528; G02 X37.572 Y-11.375 R8.96; G01 X53.908 Y-6.776; G03 X57.101 Y4.852 R7.04; G01 X17.418 Y46.569; G03 X-17.418 R24.04; G01 X-57.101 Y4.852; G03 X-58.789 Y-1.864 R7.04; G40 G01 X-51.074 Y0.254; G00 Z50.0; M98 P85; G51.1 X0; M98 P85; G50.1; M09; M05; M30;	件 1 薄壁内轮廓加工 主程序。保证尺寸 $120_{-0.06}^{+0.03}$ mm, $110_{-0.06}^{+0.03}$ mm, $0.96_{-0.06}^{+0.03}$ mm, $10_{-0.1}^{+0}$ mm, Ra1.6μm 用 φ12mm 立铣刀, 用 02 号刀补
			O0086; G00 X-26.465 Y-3.995; Z1.0; G01 Z-8.0 F150; X-26.467 F500; X-28.25 Y-2.643; X-30.169 Y-1.488; X-32.2 Y-0.545; X-34.32 Y0.176; X-42.734 Y2.544; X-42.106 Y3.205; X-25.164; X-23.864 Y10.405; X-35.257; X-28.408 Y17.605; X-22.563; X-21.262 Y24.805; X-21.559; X-21.195 Y25.188; X-21.193; G00 Z50.0; M99;	件 1 薄壁内轮廓加工 子程序

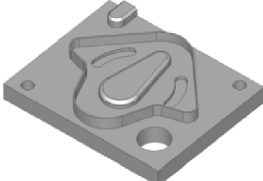
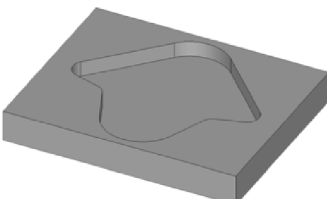
(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
4	加工中间凸台		<pre> O0087; G90 G94 G40 G21 G17 G54; M03 S600; M08; G00 Z50.0; X0.0 Y46.0; Z1.0; G01 Z-8.0 F100; G42 G01 X0 Y38.0 D02 ; G03 X-7.873 Y31.422 R8.0; G01 X-15.745 Y-12.156; G03 X15.745 R16.0; G01 X7.873 Y31.422; G03 X0.0 Y38.0 R8.0; G40 G01 Y46.0; G00 Z50.0; G00 X0.787 Y-10.358; Z1.0; G01 Z-2.0 F100; X0.0 Y-6.0; X-1.575 Y-14.716; G03 X0.881 Y-16.336 R1.6; X1.575 Y-14.716 R1.6; G01 X0.787 Y-10.358; X7.873 Y-9.078; X5.972 Y1.445; X0.067 Y0.378; X0.0 Y0.75; X-0.134 Y0.006; X0.134; X0.067 Y0.378; X5.972 Y1.445; X0.787 Y30.142; G03 X-0.787 R0.8; G01 X-8.66 Y-13.436; G03 X4.846 Y-22.346 R8.8; X8.66 Y-13.436 R8.8; G01 X7.873 Y-9.078; X12.99 Y-8.153; X14.958 Y-7.798; X7.873 Y31.422; G03 X-7.873 R8.0; G01 X-15.745 Y-12.156; G03 X8.811 Y-28.355 R16.0; X15.745 Y-12.156 R16.0; G01 X14.958 Y-7.798; X12.99 Y-8.153; G00 Z50.0; M09; M05; M30; </pre>	保证尺寸 $R16\text{mm}$, $R8\text{mm}$, 15mm, 以及高度尺寸 $6_{-0.05}^0\text{mm}$ 用 $\phi 12\text{mm}$ 立铣刀, 用 02 号刀补

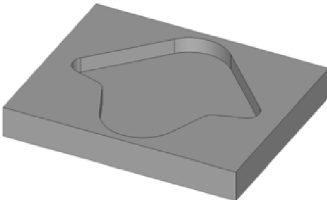
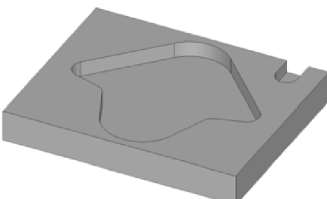
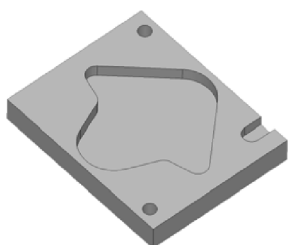
(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
5	钻件1 $\phi 10$ 孔		O0088; G90 G94 G40 G21 G17 G54; M03 S900; M08; G00 Z50.0; X60.0 Y50.0; G83 X60.0 Y50.0 Z-30.0 R5.0 Q5.0 F100; X-60.0 Y-50.0; G80; M09; M05; M30;	保证尺寸 $\phi 10H7$, 孔 距 $120_{-0.06}^{+0.05}$ mm, 100mm 用 $\phi 10$ mm 钻头
6	加工件1 环形槽		O0089; G90 G94 G40 G21 G17 G54; M03 S900; M08; G00 Z50.0; M98 P89; G51.1 X0; M98 P89 G50.1 X0; M09; M05; M30;	件1 环形槽加工主程 序, 保证尺寸 $R35$ mm, $R4.5$ mm, 45° , $3_{+0.1}^{+0.1}$ mm 用 $\phi 9$ mm 键槽铣刀
			O0090; G00 X35.0 Y0; Z-7.0; G01 Z-11.0 F100; G03 X24.749 Y24.749 R35.0; G01 Z-7.0; G00 Z50.0; M99;	件1 环形槽加工子程 序
7	钻件1 $\phi 26$ mm 孔		O0091; G90 G94 G40 G21 G17 G54; M03 S900; M08; G00 Z50.0; X50.0 Y-35.0; G90 G85 X50.0 Y-35.0 Z- 30.0 R5.0 F100; G80; M09; M05; M30;	件1 $\phi 26$ mm 镗孔程 序。在镗孔之前先将 孔加工至 $\phi 25.5$ mm。 然后用 $\phi 26$ mm 镗刀 镗孔

(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
8	倒 R3mm 圆角		<pre> O0092; G90 G94 G40 G21 G17 G54; M03 S600; M08; G00 Z5.0; X20.0 Y0; #1 = 0; #2 = 3.0; #3 = 6.0; N40 #4 = #2 * [1 - COS [#1]] + 2; #5 = #3 - #2 * [1 - SIN [#1]]; G01 Z - #4 F60; G10 L12 P1 R#5; G41 G01 X15.7451 Y - 12.1556 D05; G02 X - 15.7451 R - 16.0; G01 X - 7.8726 Y31.4222; G02 X7.8726 R8.0; G01 X15.7451 Y - 12.1556; G40 G01 X20.0 Y0; #1 = #1 + 1.0; IF [#1 LE 90.0] GOTO40; M09; M05; M30; </pre>	R3mm 圆角加工。用 φ8mm 立铣刀,用 05 号 刀补
9	加工件 2 中间 内轮廓		<pre> O0093; G90 G94 G40 G21 G17 G54; M03 S600; M08; G00 Z50.0; G00 X0.0 Y - 45.0; Z1.0; G01 Z - 10.0 F100; G41 G01 X0 Y - 55.0 D01; G03 X23.047 Y - 39.687 R25.0; G01 X32.625 Y - 16.9; G02 X37.832 Y - 12.299 R8.0; G01 X54.168 Y - 7.701; G03 X57.796 Y5.514 R8.0; G01 X18.114 Y47.231; G03 X - 18.114 R25.0; G01 X - 57.796 Y5.514; G03 X - 54.168 Y - 7.701 R8.0; G01 X - 37.832 Y - 12.299; G02 X - 32.625 Y - 16.9 R8.0; G01 X - 23.047 Y - 39.687; G03 X0.0 Y - 55.0 R25.0; G40 G01 Y - 45.0; </pre>	件 2 中间内轮廓加工。 保证尺寸 $120_{-0.06}^{+0.03}$ mm, $110_{-0.06}^{+0.03}$ mm, $0.96_{-0.06}^{+0.03}$ mm, $10_{-0.1}^{+0}$ mm, $Ra1.6\mu\text{m}$ 用 φ16mm 立铣刀, 用 01 号刀补

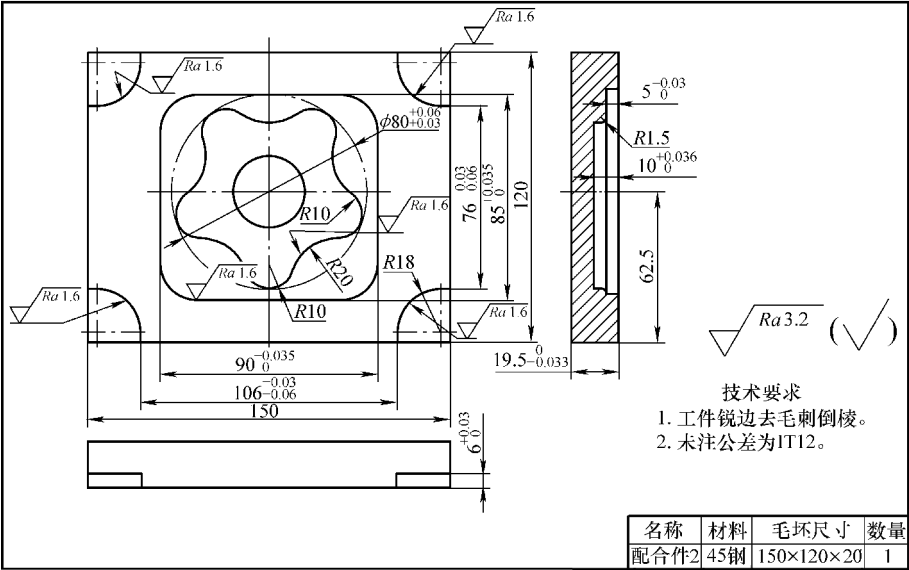
(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
9	加工件2 中间 内轮廓		G00 Z50.0; G00 X0.0 Y-44.333; Z1.0; G01 Z-10.0 F100; Y-44.332; X0.013 Y-44.315; X37.055 Y4.104; X30.083 Y11.433; X-7.969 Y-33.915; X-15.938 Y-23.499; X21.205 Y20.766; X12.327 Y30.099; X-23.907 Y-13.083; X-31.876 Y-2.666; X3.449 Y39.432; X0.0 Y43.058; X-37.044 Y4.115; X-37.054 Y4.103; G00 Z50.0; M09; M05; M30;	件2 中间内轮廓加工。 保证尺寸 $120_{-0.06}^{+0.03}$ mm, $110_{-0.06}^{+0.03}$ mm, $0.96_{-0.06}^{+0.03}$ mm, $10_{-0.1}^{+0}$ mm, $Ra1.6\mu m$ 用 $\phi 16$ mm 立铣刀, 用 01 号刀补
10	加工 件2 槽		O0094; G90 G94 G40 G21 G17 G54; M03 S600; M08; G00 Z50.0; G00 X48.0 Y70.0; Z1.0; G01 Z-8.0 F100; G41 G01 X48.0 Y60.0 D03; Y45.5; G03 X62.0 R7.0; G01 Y70.0; G00 Z50.0; G40 G00 X0 Y0; M09; M05; M30;	件2 槽加工, 保证尺寸 21.5 mm, 55 mm, $14_{-0.031}^{+0}$ mm, $8_{-0.05}^{+0}$ mm 用 $\phi 10$ mm 立铣刀, 用 03 号刀补
11	钻、铰 件2 $\phi 10$ mm 孔		O0095; G90 G94 G40 G21 G17 G54; M03 S900; M08; G00 Z50.0; X-60.0 Y50.0; G83 X-60.0 Y50.0 Z-30.0 R5.0 Q5.0 F100; X60.0 Y-50.0; G80; M09; M05; M30;	保证尺寸 $\phi 10H7$, 孔 距 $120_{-0.06}^{+0.03}$ mm, 100 mm 用 $\phi 10$ mm 钻头

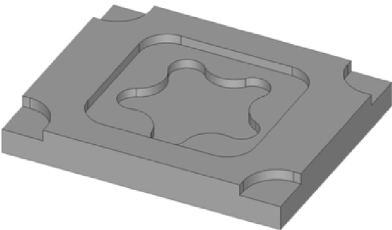
五、样例小结

孔的加工方式有铰孔和镗孔，如工件的精度要求不高，可采用铰孔。对于精度较高的孔建议采用镗孔的方式进行加工，在镗孔之前需要进行扩孔或铰孔，本例镗孔后采用铰刀进行铰孔作为最后的精加工。

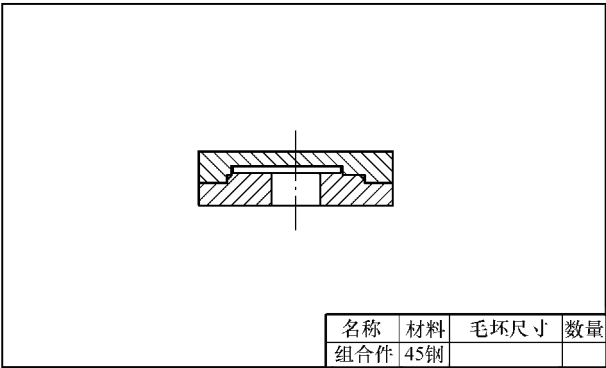
a) 件1 零件图 b) 件1 实体图



c)



d)



e)

图 9-1 工件 9 (续)

c) 件 2 零件图 d) 件 2 实体图 e) 组合零件图

2. 配分及评分标准

1) 操作技能考核总成绩见表 1-1。

2) 现场操作规范评分见表 1-2。

3) 工件质量评分见表 9-1。

表 9-1 工件质量评分表

序号	考核内容	考核要点	配分	评分标准	得分
1	件 1	$\phi 80 \begin{smallmatrix} -0.03 \\ -0.06 \end{smallmatrix} \text{ mm}$	3	超差 0.01mm 扣 2 分	
2		$4 \begin{smallmatrix} +0.03 \\ 0 \end{smallmatrix} \text{ mm}$	4	超差 0.01mm 扣 2 分	
3		$1 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.025 \end{smallmatrix} \text{ mm}$	4	超差 0.01mm 扣 2 分	
4		$90 \begin{smallmatrix} -0.036 \\ -0.058 \end{smallmatrix} \text{ mm}$	3	超差 0.01mm 扣 2 分	
5		$85 \begin{smallmatrix} -0.036 \\ -0.058 \end{smallmatrix} \text{ mm}$	3	超差 0.01mm 扣 2 分	
6		C2mm	4	超差不得分	
7		$5 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.03 \end{smallmatrix} \text{ mm}$	3	超差 0.01mm 扣 2 分	
8		$6 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.03 \end{smallmatrix} \text{ mm}$	3	超差 0.01mm 扣 2 分	
9		$106 \begin{smallmatrix} +0.035 \\ 0 \end{smallmatrix} \text{ mm}$	6	超差 0.01mm 扣 2 分	
10		$76 \begin{smallmatrix} +0.03 \\ 0 \end{smallmatrix} \text{ mm}$	5	超差 0.01mm 扣 2 分	
11		M10 - 7H	6	超差不得分	
12		$\phi 30 \begin{smallmatrix} +0.021 \\ 0 \end{smallmatrix} \text{ mm}$	4	超差 0.01mm 扣 2 分	
13		$\phi 10\text{H7}$	4	超差不得分	
14		120mm	2	超差 0.01mm 扣 1 分	
15		150mm	2	超差不得分	
16	件 2	$\phi 80 \begin{smallmatrix} +0.06 \\ +0.03 \end{smallmatrix} \text{ mm}$	4	超差 0.01mm 扣 2 分	
17		$10 \begin{smallmatrix} +0.036 \\ 0 \end{smallmatrix} \text{ mm}$	6	超差 0.01mm 扣 2 分	
18		$90 \begin{smallmatrix} +0.035 \\ 0 \end{smallmatrix} \text{ mm}$	2	超差 0.01mm 扣 1 分	
19		$85 \begin{smallmatrix} +0.035 \\ 0 \end{smallmatrix} \text{ mm}$	4	超差 0.01mm 扣 2 分	
20		$76 \begin{smallmatrix} -0.03 \\ -0.06 \end{smallmatrix} \text{ mm}$	4	超差 0.01mm 扣 2 分	
21		$106 \begin{smallmatrix} -0.03 \\ -0.06 \end{smallmatrix} \text{ mm}$	2	超差 0.01mm 扣 1 分	
22		$6 \begin{smallmatrix} +0.03 \\ 0 \end{smallmatrix} \text{ mm}$	2	超差 0.01mm 扣 1 分	
23	表面粗糙度	Ra1.6 μm	2	超差一处扣 2 分, 不倒扣	
24		Ra3.2 μm	2	超差一处扣 2 分, 不倒扣	
25	程序编制	指令正确, 程序完整	2	不合理每处扣 1 分	
		数值计算正确, 计算简化, 有一定技巧	2	不合理每处扣 1 分	
		刀具补偿功能运用正确、合理	2	不合理每处扣 1 分	
		切削参数、坐标系选择正确	2	不合理每处扣 1 分	

(续)

序号	考核内容	考核要点	配分	评分标准	得分
26	加工工艺	工件定位、夹紧及刀具选择合理	2	不合理每处扣 2 分	
		加工顺序及刀具轨迹路线合理	2		
27	其他项目	工件完整、局部无缺陷	2	出现一处不得分	
		工件按时完成	2	超时不得分	
合 计					

二、加工准备

(1) 设备、材料准备 (见表 9-2)

表 9-2 设备、材料准备

序号	名 称	规 格	单位	数量	备注
1	数控铣床	400mm × 800mm	台	1	
2	毛坯	150mm × 120mm × 25mm	件	1	45 钢
3	毛坯	150mm × 120mm × 20mm	件	1	45 钢

(2) 工、量、刃具准备 (见表 9-3)

表 9-3 工、量、刃具准备

(单位: mm)

序号	名 称	规 格	数量	备注
1	游标卡尺	0.02/0 ~ 200	1	
2	游标万能角度尺	2'/0 ~ 320°	1	
3	千分尺	0 ~ 25、25 ~ 50、50 ~ 75、75 ~ 100、100 ~ 125	各 1	
4	百分表	0.01/0 ~ 10	1	
5	磁性表座		1	
6	内径量表	0.01/18 ~ 35	1	
7	内径千分尺	0.01/25 ~ 50	1	
8	螺纹塞规	M10 - 7H	1	
9	圆柱塞规	φ10H7	1	
10	丝锥	M10 - 7H	1	

(续)

序号	名 称	规 格	数量	备注
11	游标深度卡尺	0.02/0~200	1	
12	深度千分尺	0.01/0~25	1	
13	半径样板	R7~R14.5、R15~R25	各1	
14	塞尺	150A13, 0.02~1	1副	
15	钻头	中心钻 A3, $\phi 9.8$ 、 $\phi 29.8$	各1	
16	机用铰刀	$\phi 10H7$	1	
17	立铣刀	$\phi 8$ 、 $\phi 10$ 、 $\phi 16$ 、 $\phi 18$ 、 $\phi 20$	各1	
18	面铣刀	$\phi 60$ (R型面铣刀片)	1	
19	精镗刀头	$\phi 18 \sim \phi 35$	1	
20	刀柄、夹头	以上刀具相关刀柄、钻夹头、弹簧夹	若干	
21	夹具	精密平口钳及垫铁	1	
22	其他	常用数控铣床辅具	若干	

三、零件加工要求分析

1. 图样分析

(1) 工件类型 该工件属于配合类工件, 主要加工平面、平面上的曲线、曲面及孔系。

(2) 工件材料及毛坯 该工件的材质为 45 钢。毛坯外形分别为 $150\text{mm} \times 120\text{mm} \times 25\text{mm}$ 和 $150\text{mm} \times 120\text{mm} \times 25\text{mm}$ 的四面体, 四面相互平行, 外形易于装夹。

(3) 加工内容及要求 该工件主要由平面、圆弧表面、曲线轮廓、孔系组成。按照工件的形状特点, 该工件 1、2 的主要加工内容分为轮廓加工和孔加工两部分。

工件 1:

1) 轮廓加工。

① 薄壁轮廓, 高度为 $10_{-0.036}^0 \text{mm}$, 轮廓尺寸为 $\phi 80_{-0.06}^{-0.03} \text{mm}$, $4_{+0.03}^0 \text{mm}$, $1_{-0.025}^0 \text{mm}$, $R10\text{mm}$, $R20\text{mm}$, 曲线内、外轮廓周边的表面粗糙度均为 $Ra1.6\mu\text{m}$ 。

② 四方凸台轮廓, 高度为 $5_{-0.036}^0 \text{mm}$, 轮廓尺寸为 $90_{-0.058}^{-0.036} \text{mm}$, $85_{-0.058}^{-0.036} \text{mm}$, $C2$, $5_{-0.03}^0 \text{mm}$, 表面粗糙度为 $Ra1.6\mu\text{m}$ 。

③ 四角凸台轮廓, 高度为 $6_{-0.03}^0 \text{mm}$, 保证尺寸 $106_{+0}^{+0.035} \text{mm}$, $76_{+0}^{+0.03} \text{mm}$, 表面粗糙度为 $Ra1.6\mu\text{m}$ 。

2) 孔加工。

① 一个通孔 $\phi 30^{+0.021}_0$ mm, 表面粗糙度为 $Ra1.6\mu\text{m}$ 。

② 两个通孔 $\phi 10H7$, 表面粗糙度为 $Ra1.6\mu\text{m}$ 。

③ 三个螺纹孔 $M10-7H$, 保证尺寸要求。

工件2: 轮廓加工

① 凹型腔轮廓, 深度为 $5^{+0.03}_0$ mm, 轮廓尺寸为 $\phi 80^{+0.06}_{+0.03}$ mm, $R10\text{mm}$, $R20\text{mm}$, 型腔周边的表面粗糙度均为 $Ra1.6\mu\text{m}$ 。

② 凹型腔轮廓, 深度为 $5^{+0.03}_0$ mm, 轮廓尺寸为 $90^{+0.035}_0$ mm, $85^{+0.035}_0$ mm, $R15\text{mm}$, 型腔周边的表面粗糙度均为 $Ra1.6\mu\text{m}$ 。

③ 凹型腔轮廓, 深度为 $6^{+0.03}_0$ mm, 轮廓尺寸为 $76^{+0.03}_{-0.06}$ mm, $106^{+0.03}_{-0.06}$ mm, $R18\text{mm}$, 型腔周边的表面粗糙度均为 $Ra1.6\mu\text{m}$ 。

2. 工艺分析

(1) 确定工艺基准 加工该工件, 选择底面为装夹定位基准。

(2) 难点分析 选择铣削方式时应尽量减少工件在铣削力作用下的变形。应用典型零件铣削加工方式加工薄形工件时应掌握以下要点:

加工板类零件平面时, 对于一般的零件可根据工件形状和加工精度选择端铣或周铣, 通常都采用逆铣方式。而加工薄形板类工件时, 大平面大多选用端铣方式, 狭长的侧平面可采用周铣方式, 但常采用顺铣, 以防止工件在向上的切削分力作用下发生变形, 甚至产生工件被拉起后脱离定位和夹紧, 造成废品。采用端铣加工薄形板类工件大平面时, 铣削分力作用于工件长度和宽度方向, 指向侧面导向定位和端面止推定位, 工件变形的可能性较小。采用周铣铣削狭长的侧平面时, 铣削分力也是作用于薄板的宽度和长度方向, 而且工件向下压, 变形的可能性也较小。值得注意的是: 铣刀的螺旋角不宜过大, 以免产生较大的轴向切削力作用于工件厚度方向, 引起工件变形。

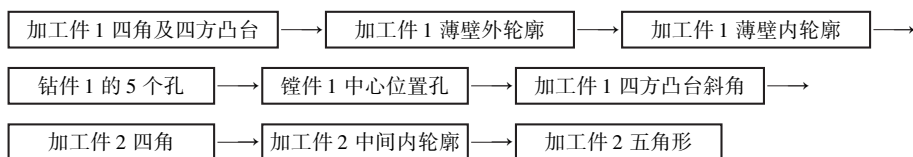
加工板类薄形零件的槽时, 通常采用端铣加工, 若采用夹板式装夹方法, 也可采用周铣加工。

(3) 工艺方案 通过对图样及加工难点的分析, 该工件可以分两道工序完成:

工序一: 以工件1底面和侧面找正定位夹紧, 加工工件1各轮廓并钻、镗、攻 $\phi 10H7$, $\phi 30^{+0.021}_0$, $M10-7H$, 保证其与四周的对称度。

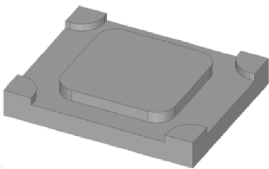
工序二: 以工件2底面和两侧面为找正定位基准并装夹工件, 加工工件2各轮廓, 保证其与四周的对称度。

具体的加工路线如下:

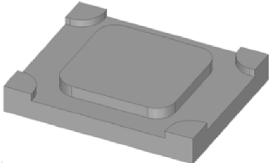
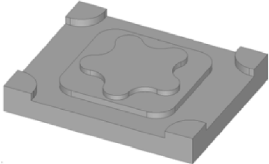


四、程序编制 (见表 9-4)

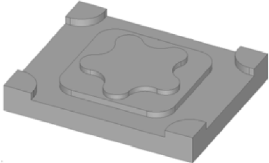
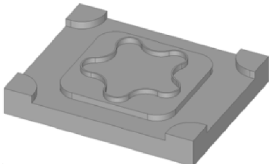
表 9-4 参考程序

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
1	加工件 1 四角及 四方凸台		<pre>O0091; G90 G94 G40 G21 G17 G54; M03 S600; M08; G00 Z50.0; M98 P92; G51.1 X0; M98 P92; G50.1 X0; G51.1 Y0; M98 P92; G50.1 Y0; G51.1 X0 Y0; M98 P92; G50.1 X0 Y0; G00 X-47.678 Y45.178; Z1.0; G01 Z-9.0 F100; G41 G01 X-40.607 Y38.107 D01 F100; G02 X-30.0 Y42.5 R15.0; G01 X30.0; G02 X45.0 Y27.5 R15.0; G01 Y-27.5; G02 X30.0 Y-42.5 R15.0; G01 X-30.0; G02 X-45.0 Y-27.5 R15.0; G01 Y27.5; G02 X-40.607 Y38.107 R15.0; G40 G01 X-47.678 Y45.178; G00 Z50.0; G00 X-47.678 Y45.178; Z1.0; G01 Z-9.0 F100; G41 G01 X-40.607 Y38.107 D01 F100; G02 X-30.0 Y42.5 R15.0; G01 X30.0; G02 X45.0 Y27.5 R15.0; G01 Y-27.5; G02 X30.0 Y-42.5 R15.0; G01 X-30.0; G02 X-45.0 Y-27.5 R15.0; G01 Y27.5; G02 X-40.607 Y38.107 R15.0; G40 G01 X-47.678 Y45.178; G00 Z50.0;</pre>	件 1 四角及四方凸台加 工主程序。保证尺寸 $106^{+0.035}_0$ mm, $76^{+0.03}_0$ mm, $R18$mm, $R15$mm, $90^{+0.036}_{-0.058}$ mm, $85^{+0.036}_{-0.058}$ mm, $Ra1.6\mu\text{m}$ 用 $\phi 16$mm 立铣刀, 用 01 号刀补

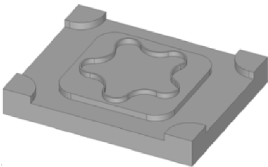
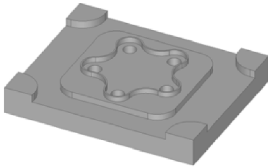
(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
1	加工件 1 四角及 四方凸台		<pre> O0092; G00 X-85.0 Y-38.0; Z-9.0; G41 G01 X-75.0 Y-38.0 D01 F100; G01 X-71.0 Y-38.0; G03 X-53.0 Y-56.0 R18.0; G01 X-53.0 Y-60.0; G40 G01 Y-70.0; G00 Z50.0; G00 X-75.0 Y-60.0; Z-2.0; G01 Z-9.0 F100; Y-59.999; X-53.0; G00 Z50.0; X-75.0; Z-2.0; G01 Z-9.0; Y-50.399; X-53.98; G00 Z50.0; X-75.0; Z-2.0; G01 Z-9.0; Y-40.799; X-61.439; G00 Z50.0; X-75.0; Z-2.0; G01 Z-9.0; Y-38.0; X-71.0; G00 Z50.0; M99; </pre>	件 1 四角加工子程序
2	加工件 1 薄壁 外轮廓		<pre> O0093; G90 G94 G40 G21 G17 G54; M03 S600; M08; G00 Z50.0; G00 X-34.64 Y11.255; Z1.0; G01 Z-4.0 F100; G41 G01 X-25.129 Y8.165 D01 F100; G03 X-26.295 Y19.273 R13.734; G02 X-10.204 Y30.964 R10.0; G03 X10.204 R13.734; G02 X26.295 Y19.273 R10.0; </pre>	保证尺寸 $\phi 80 \begin{smallmatrix} -0.003 \\ -0.006 \end{smallmatrix} \text{mm}$, $R20\text{mm}$, $R10\text{mm}$, $Ra1.6\mu\text{m}$, 以及四方台厚度尺寸 $5 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.03 \end{smallmatrix} \text{mm}$ 用 $\phi 16\text{mm}$ 立铣刀, 用 01 号刀补

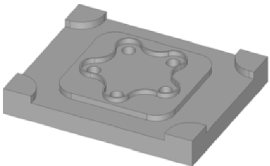
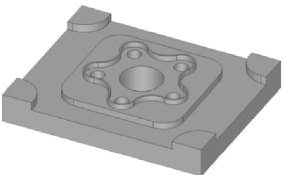
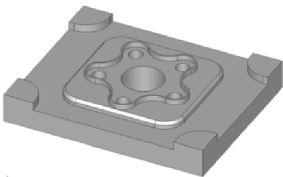
(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
2	加工件 1 薄壁 外轮廓		G03 X32.601 Y-0.136 R13.734; G02 X26.455 Y-19.053 R10.0; G03 X9.945 Y-31.048 R13.734; G02 X-9.945 R10.0; G03 X-26.455 Y-19.053 R13.734; G02 X-32.601 Y-0.136 R10.0; G03 X-25.129 Y8.165 R13.734; G40 G01 X-34.64 Y11.255; G00 Z1.0; X-45.0 Y10.849; G01 Z-4.0; X-38.381 Y39.94; G00 Z1.0; X-22.798 Y-42.5; G01 Z-4.0; X-44.866 Y-29.499; G00 Z1.0; X45.0 Y10.849; G01 Z-4.0; X38.381 Y39.94; G00 Z1.0; X22.798 Y-42.5; G01 Z-4.0; X44.866 Y-29.499; G00 Z1.0; M09; M05; M30;	保证尺寸 $\phi 80_{-0.006}^{+0.003}$ mm, R20mm, R10mm, Ra1.6 μ m, 以及四方台厚度尺寸 $5_{-0.03}^{+0}$ mm 用 $\phi 16$ mm 立铣刀, 用 01 号刀补
3	加工件 1 薄壁 内轮廓		O0094; G90 G94 G40 G21 G17 G54; M03 S600; M08; G00 Z50.0; G00 X-14.667 Y4.766; Z1.0; G01 Z-4.0 F100; G41 G01 X-24.178 Y7.856 D01; G02 X-32.194 Y-1.05 R14.734; G03 X-26.663 Y-18.074 R9.0; G02 X-8.950 Y-30.943 R14.734; G03 X8.950 R9.0; G02 X26.663 Y-18.074 R14.734; G03 X32.194 Y-1.05 R9.0; G02 X25.429 Y19.773 R14.734; G03 X10.947 Y30.294 R9.0; G02 X-10.947 R14.734; G03 X-25.429 Y19.773 R9.0; G02 X-24.178 Y7.856 R14.734; G40 G01 X-14.667 Y4.766; G00 Z50.0;	保证尺寸 $\phi 80_{-0.06}^{+0.03}$ mm, R20mm, R10mm, $4_{+0}^{+0.03}$ mm, Ra1.6 μ m, $1_{-0.025}^{+0}$ mm 用 $\phi 16$ mm 立铣刀, 用 01 号刀补

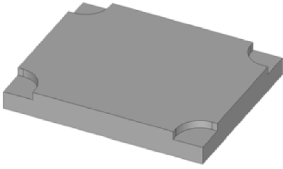
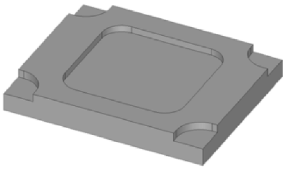
(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
3	加工件 1 薄壁 内轮廓		G00 X-3.067 Y7.968; Z1.0; G01 Z-4.0 F100; G02 X-6.106 Y8.404 R32.334; X-9.88 Y-3.21 R32.334; X0.0 Y-10.388 R32.334; X9.88 Y-3.21 R32.334; X6.106 Y8.404 R32.334; X-3.067 Y7.968 R32.334; G01 X-3.105 Y7.57; X-2.156 Y17.525; G02 X-16.891 Y24.94 R22.734; G03 X-18.5 Y23.771 R1.0; G02 X-28.939 Y-8.357 R22.734; G03 X-28.324 Y-10.249 R1.0; G02 X-0.994 Y-30.105 R22.734; G03 X0.994 R1.0; G02 X28.324 Y-10.249 R22.734; G03 X28.939 Y-8.357 R1.0; G02 X18.5 Y23.771 R22.734; G03 X16.891 Y24.94 R1.0; G02 X-2.156 Y17.525 R22.734; G01 X-3.105 Y7.57; G00 Z50.0; M09; M05; M30;	保证尺寸 $\phi 80_{-0.06}^{-0.03}$ mm, R20mm, R10mm, $4_{0}^{+0.03}$ mm, Ra1.6 μ m, $1_{-0.025}^0$ mm 用 $\phi 16$ mm 立铣刀, 用 01 号刀补
4	钻件 1 的 5 个孔		O0095; G90 G94 G40 G21 G17 G54; M03 S900; M08; G00 Z50.0; X-28.532 Y-9.271; G83 X-28.532 Y-9.271 Z- 52.0 R5.0 Q5.0 F100; X28.532 Y-9.271; X-17.634 Y24.271; X17.634 Y24.271; G80; M09; M05; M30;	钻孔程序。保证尺寸 $\phi 10$ H7, R20mm
			O0096; G90 G94 G40 G21 G17 G54; M03 S900; M08; G00 Z50.0; X0 Y-30.0;	攻螺纹程序。在攻螺纹 之前先用 $\phi 9.8$ mm 钻头 钻孔 用 $\phi 10$ mm 机用铰刀。 保证尺寸 M10-H7

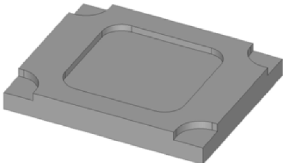
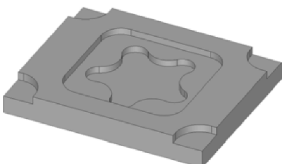
(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
4	钻件1 的5个孔		G84 X0 Y-30.0 Z-25.0 R5.0 P1000 F40 K1; X-17.634 Y24.271; X17.634 Y24.271; G80; M09; M05; M30;	攻螺纹程序。在攻螺纹之前先用 $\phi 9.8\text{mm}$ 钻头钻孔 用 $\phi 10\text{mm}$ 机用铰刀。保证尺寸 M10-H7
5	镗件1 中心 位置孔		O0097; G90 G94 G40 G21 G17 G54; M03 S900; M08; G00 Z50.0; X0 Y0; G90 G85 X0 Y0 Z-25.0 R5.0 F100; G80; M09; M05; M30;	镗孔之前先将孔径加工到 $\phi 29.5\text{mm}$, 然后用 $\phi 30\text{mm}$ 镗刀镗孔。保证尺寸 $\phi 30^{+0.021}_0\text{mm}$
6	加工件1 四方凸台 斜角		O0098; G90 G94 G40 G21 G17 G54; M03 S600; M08; G00 Z5.0; X-45.0 Y-75.0; #1=0; #2=45.0; #3=6.0; #6=2.0; N50 #4=#1; #5=#3-[#6-#1]*TAN[2]; G01 Z-#4 F60; G10 L12 P1 R#5; G41 G01 X-45.0 Y-50.0 D02; Y27.5; G02 X-30.0 Y42.5 R15.0; G01 X30.0; G02 X45.0 Y27.5 R15.0; G01 Y27.5; G02 X30.0 Y-42.5 R15.0; G01 X-30.0; G02 X-45.0 Y-27.5 R15.0; G40; #1=#1+0.2; IF [#1LE#6] GOTO50; Z5.0; M09; M05; M30;	用 $\phi 16\text{mm}$ 立铣刀, 用 02 号刀补

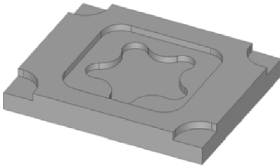
(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
7	加工件 2 四角		O0099; G90 G94 G40 G21 G17 G54; M03 S600; M08; G00 Z5.0; M98 P0100; G51.1 X0; M98 P0100; G50.1 X0; G51.1 Y0; M98 P0100; G50.1 Y0; G51.1 X0 Y0; M98 P0100; G50.1 X0 Y0; M09; M05; M30;	件 2 四角加工主程序。 保证尺寸 $R18\text{mm}$, $106^{+0.035}_0$ mm , $76^{+0.03}_0$ mm , $Ra1.6\mu\text{m}$ 用 $\phi 16\text{mm}$ 立铣刀, 用 01 号刀补
			O0100; X -53.0 Y -70.0; Z -6.0; G41 G01 X -53.0 Y -60.0 D01 F100; Y -56.0; G03 X -71.0 Y -38.0 R18.0; G01 X -75.0; G40 X -85.0; G00 Z5.0; M99;	件 2 四角加工子程序
8	加工件 2 中间 内轮廓		O0101; G90 G94 G40 G21 G17 G54; M03 S600; M08; G00 Z50.0; G00 X -33.536 Y -31.036; Z1.0; G01 Z -5.0 F100; G41 G01 X -40.607 Y -38.107 D01 F100; G03 X -30.0 Y -42.5 R15.0; G01 X30.0; G03 X45.0 Y -27.5 R15.0; G01 Y27.5; G03 X30.0 Y42.5 R15.0; G01 X -30.0; G03 X -45.0 Y27.5 R15.0; G01 Y -27.5; G03 X -40.607 Y -38.107 R15.0; G40 G01 X -33.536 Y -31.036;	保证尺寸 $90^{+0.035}_0$ mm , $85^{+0.035}_0$ mm , $R15\text{mm}$ 用 $\phi 16\text{mm}$ 立铣刀, 用 01 号刀补

(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
8	加工件 2 中间 内轮廓		G00 Z5.0; G00 X-29.0 Y-26.5; Z1.0; G01 Z-5.0 F100; Y-26.499; X29.0; Y-16.899; X-29.0; Y-7.299; X29.0; Y2.301; X-29.0; Y11.901; X29.0; Y21.501; X-29.0; Y26.5; X29.0; G00 Z5.0; M09; M05; M30;	保证尺寸 $90^{+0.035}_0$ mm, $85^{+0.035}_0$ mm, R15mm 用 $\phi 16$ mm 立铣刀, 用 01 号刀补
9	加工件 2 五角形		O0102; G90 G94 G40 G21 G17 G54; M03 S600; M08; G00 Z50.0; G00 X-14.667 Y4.766; Z-4.0; G01 Z-10.0 F100; G41 G01 X-24.178 Y7.856 D01; G02 X-32.194 Y-1.05 R14.734; G03 X-26.663 Y-18.074 R9.0; G02 X-8.950 Y-30.943 R14.734; G03 X8.950 R9.0; G02 X26.663 Y-18.074 R14.734; G03 X32.194 Y-1.05 R9.0; G02 X25.429 Y19.773 R14.734; G03 X10.947 Y30.294 R9.0; G02 X-10.947 Y19.773 R14.734; G03 X-25.429 Y19.773 R9.0; G02 X-24.178 Y7.856 R14.734; G40 G01 X-14.667 Y4.766; G00 Z5.0; G00 X-1.047 Y2.837; Z-4.0; G01 Z-10.0 F100; G02 X-2.093 Y2.881 R37.334; X-3.387 Y-1.100 R37.334; X0.0 Y-3.561 R37.334; X3.387 Y-1.100 R37.334; X2.093 Y2.881 R37.334;	保证尺寸 $\phi 80^{-0.03}_{-0.06}$ mm, R20mm, R10mm, $4^{+0.03}_0$ mm, Ra1.6 μ m, $1^{-0}_{-0.025}$ mm 用 $\phi 16$ mm 立铣刀, 用 01 号刀补

(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
9	加工件 2 五角形		X - 1.047 Y2.837 R37.334; G01 X - 0.778 Y12.433; G02 X - 10.536 Y14.501 R27.734; X - 17.048 Y - 5.539 R27.734; X0.0 Y - 17.925 R27.734; X17.048 Y - 5.539 R27.734; X10.536 Y14.501 R27.734; X - 0.778 Y12.433 R27.734; G00 Z5.0; M09; M05; M30;	保证尺寸 $\phi 80_{-0.06}^{-0.03}$ mm, R20mm, R10mm, $4_{0}^{+0.03}$ mm, Ra1.6 μ m, $1_{-0.025}^0$ mm 用 $\phi 16$ mm 立铣刀, 用 01 号刀补

五、样例小结

加工薄壁工件时，铣削方式的选择应尽量减少工件在铣削力作用下变形的可能性。加工板类薄形零件的槽时，通常采用端铣加工，若采用夹板式装夹方法，也可采用周铣加工。

职业技能鉴定样例 10

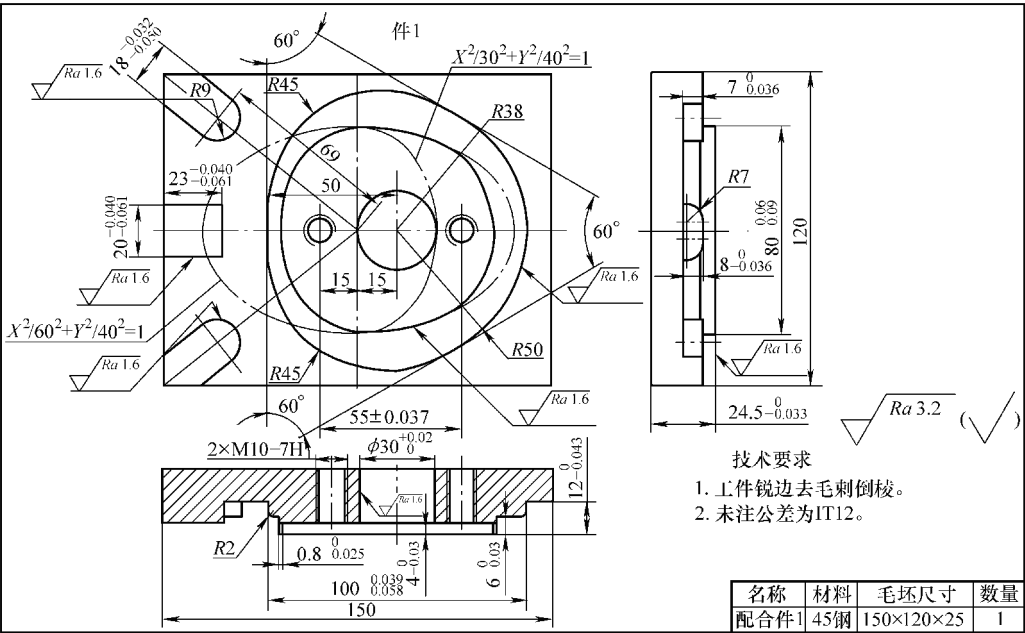
考核目标

- 1) 掌握宏程序编程的应用方法。
- 2) 掌握斜键槽的加工方法。
- 3) 能编制数控程序进行薄壁工件的加工。

一、考核要求

1. 总体要求

加工图 10-1 所示工件，试分析其加工工艺，并编写数控加工程序。本题分值为 100 分，考核时间为 240min。



a)

图 10-1 工件 10

a) 件 1 零件图

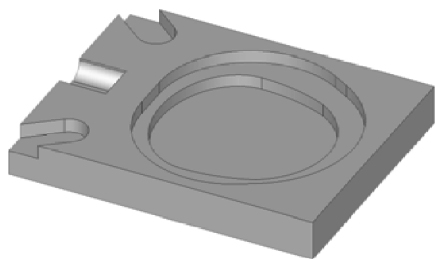
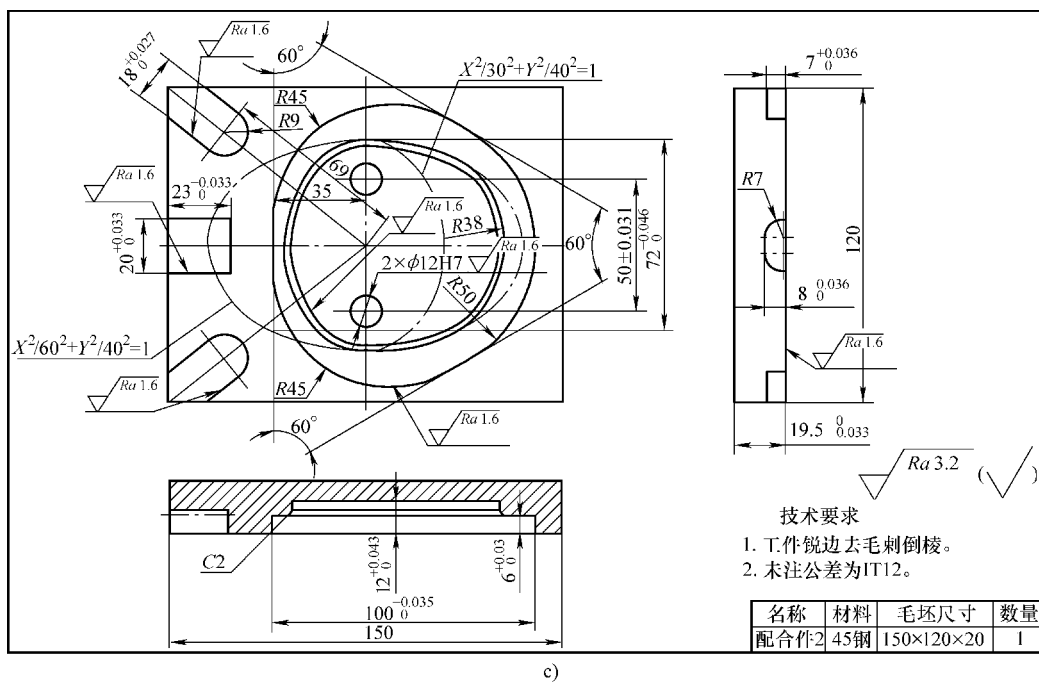
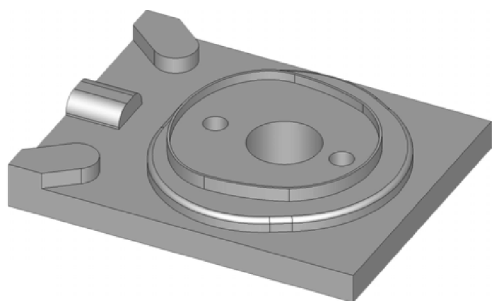


图 10-1 工件 10 (续)

b) 件1 实体图 c) 件2 零件图 d) 件2 实体图

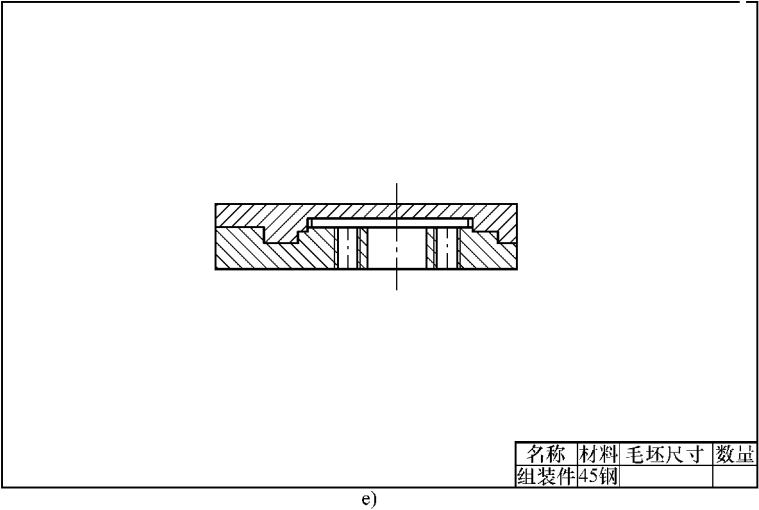


图 10-1 工件 10 (续)
e) 配合零件图

2. 配分及评分标准

- 1) 操作技能考核总成绩见表 1-1。
- 2) 现场操作规范评分见表 1-2。
- 3) 工件质量评分见表 10-1。

表 10-1 工件质量评分表

序号	考核内容	考核要点	配分	评分标准	得分
1	件 1	$100_{-0.058}^{-0.039}$ mm	4	超差 0.01mm 扣 2 分	
2		$12_{-0.043}^0$ mm	4	超差 0.01mm 扣 2 分	
3		$6_{-0.03}^0$ mm	4	超差 0.01mm 扣 2 分	
4		$80_{-0.09}^{-0.06}$ mm	5	超差 0.01mm 扣 2 分	
5		$0.8_{-0.025}^0$ mm	4	超差 0.01mm 扣 2 分	
6		$23_{-0.061}^{-0.040}$ mm	4	超差 0.01mm 扣 2 分	
7		$20_{-0.061}^{-0.040}$ mm	5	超差 0.01mm 扣 2 分	
8		$8_{-0.036}^0$ mm	4	超差 0.01mm 扣 2 分	
9		$18_{-0.060}^{-0.032}$ mm	5	超差 0.01mm 扣 2 分	
10		$7_{-0.036}^0$ mm	4	超差 0.01mm 扣 2 分	
11		$\phi 30_{0}^{+0.02}$	3	超差 0.01mm 扣 2 分	
12		$\phi 12H7$	2	超差不得分	

(续)

序号	考核内容	考核要点	配分	评分标准	得分
13	件 2	$100^{+0.035}_0$ mm	4	超差 0.01mm 扣 2 分	
14		$6^{+0.03}_0$ mm	4	超差 0.01mm 扣 2 分	
15		$19.5^{+0}_{-0.033}$ mm	4	超差 0.01mm 扣 1 分	
16		$12^{+0.043}_0$ mm	2	超差 0.01mm 扣 1 分	
17		C2	4	超差不得分	
18		$20^{+0.033}_0$ mm	2	超差 0.01mm 扣 2 分	
19		$23^{+0.033}_0$ mm	2	超差 0.01mm 扣 1 分	
20		$8^{+0.036}_0$ mm	4	超差 0.01mm 扣 1 分	
21		$18^{+0.027}_0$ mm	2	超差 0.01mm 扣 1 分	
22		$7^{+0.036}_0$ mm	2	超差 0.01mm 扣 1 分	
23		φ12H7	2	超差不得分	
24		表面粗糙度	Ra1.6μm	2	超差一处扣 2 分，不倒扣
25	Ra3.2μm		2	超差一处扣 2 分，不倒扣	
26	程序编制	指令正确，程序完整	2	不合理每处扣 1 分	
		数值计算正确，计算简化，有一定技巧	2	不合理每处扣 1 分	
		刀具补偿功能运用正确、合理	2	不合理每处扣 1 分	
		切削参数、坐标系选择正确	2	不合理每处扣 1 分	
27	加工工艺	工件定位、夹紧及刀具选择合理	2	不合理每处扣 2 分	
		加工顺序及刀具轨迹路线合理	2		
28	其他项目	工件完整、局部无缺陷	2	出现一处不得分	
		工件按时完成	2	超时不得分	
合 计					

二、加工准备

- (1) 设备、材料准备（见表 10-2）
- (2) 工、量、刃具准备（见表 10-3）

表 10-2 设备、材料准备

序号	名 称	规 格	单位	数量	备注
1	数控铣床	400mm×800mm	台	1	
2	毛坯	150mm×120mm×25mm	件	1	45 钢
3	毛坯	150mm×120mm×20mm	件	1	45 钢

表 10-3 工、量、刃具准备 (单位: mm)

序号	名 称	规 格	数量	备注
1	游标卡尺	0.02/0~200	1	
2	万能角度尺	2°/0~320°	1	
3	外径千分尺	0~25、25~50、50~75、75~100	各 1	
4	百分表	0.01/0~10	1	
5	磁性表座		1	
6	内径量表	0.01/18~35	1	
7	内径千分尺	0.01/25~50	1	
8	圆柱塞规	φ12H7	1	
9	游标深度卡尺	0.02/0~200	1	
10	深度千分尺	0.01/0~25	1	
11	半径样板	R1~R6.5、R7~R14.5、R15~R25	各 1	
12	塞尺	150A13, 0.02~1	1 副	
13	钻头	中心钻 A3, φ9、φ11.8、φ28	各 1	
14	机用铰刀	φ12H7	各 1	
15	丝锥	M10-7H	1	
16	螺纹塞规	M10-7H	1	
17	立铣刀	φ8、φ10、φ14、φ18、φ20	各 1	
18	面铣刀	φ60 (R 型面铣刀片)	1	
19	精镗刀头	φ18~φ35	1	
20	刀柄、夹头	以上刀具相关刀柄、钻夹头、弹簧夹	若干	
21	夹具	精密平口钳及垫铁	1	
22	其他	常用数控铣床辅具	若干	

三、零件加工要求分析

1. 图样分析

(1) 工件类型 该工件属于薄壁类工件, 主要加工平面、平面上的曲线、曲面及孔系。

(2) 工件材料及毛坯 该工件的材质为 45 钢。毛坯外形分别为 $150\text{mm} \times 120\text{mm} \times 25\text{mm}$ 和 $150\text{mm} \times 120\text{mm} \times 20\text{mm}$ 的四面体, 四面相互平行, 外形易于装夹。

(3) 加工内容及要求 该工件主要由平面、圆弧表面、曲线轮廓、孔系组成。按照工件的形状特点, 该工件 1、2 的主要加工内容分为轮廓加工、孔加工、槽加工三部分。

工件 1:

1) 轮廓加工。

① 薄壁轮廓, 高度为 $6_{-0.03}^0 \text{mm}$, 轮廓尺寸为 $80_{-0.09}^{-0.06} \text{mm}$, $0.8_{-0.025}^0 \text{mm}$, $R38\text{mm}$ 曲线内、外轮廓周边的表面粗糙度均为 $Ra1.6\mu\text{m}$ 。

② 不规则曲线轮廓, 高度为 $12_{-0.043}^0 \text{mm}$, 轮廓尺寸为 $100_{-0.058}^{-0.039} \text{mm}$, $R2\text{mm}$, 表面粗糙度为 $Ra1.6\mu\text{m}$ 。

③ 不规则曲线轮廓, 高度为 $8_{-0.036}^0 \text{mm}$, 保证尺寸 $23_{-0.061}^{-0.040} \text{mm}$, $20_{-0.061}^{-0.040} \text{mm}$, $7_{-0.036}^0 \text{mm}$, $R7\text{mm}$, 表面粗糙度为 $Ra1.6\mu\text{m}$ 。

④ 两个斜键, 保证尺寸 $18_{-0.050}^{-0.032} \text{mm}$, $7_{-0.036}^0 \text{mm}$, 69mm , $R9\text{mm}$, 表面粗糙度为 $Ra1.6\mu\text{m}$ 。

2) 孔加工。

① 两个螺纹孔 $M10-7H$, 保证尺寸要求。

② 一个通孔 $\phi 30_{+0.02}^0 \text{mm}$, 表面粗糙度为 $Ra1.6\mu\text{m}$ 。

工件 2:

1) 轮廓加工。

① 凹型腔轮廓, 深度为 $6_{+0.03}^0 \text{mm}$, 轮廓尺寸为 $100_{+0.035}^{+0.035} \text{mm}$, 35mm , $R45\text{mm}$, 型腔周边的表面粗糙度均为 $Ra1.6\mu\text{m}$ 。

② 凹型腔轮廓, 深度为 $12_{+0.043}^0 \text{mm}$, 轮廓尺寸为 $R38\text{mm}$, $C2$, 型腔周边的表面粗糙度均为 $Ra1.6\mu\text{m}$ 。

2) 孔加工。两个通孔 $\phi 12H7$, 表面粗糙度为 $Ra1.6\mu\text{m}$ 。

3) 槽加工。

① 一个圆弧槽, 保证尺寸 $20_{+0.033}^0 \text{mm}$, $23_{+0.033}^0 \text{mm}$, $8_{+0.036}^0 \text{mm}$ 。

② 两个键槽, 保证尺寸 $18_{+0.027}^0 \text{mm}$, $7_{+0.036}^0 \text{mm}$, 69mm 。

2. 工艺分析

(1) 确定工艺基准 加工该工件, 选择底面为装夹定位基准。

(2) 难点分析 本例所要注意的问题是如何合理选用切削用量三要素。切削力的大小与切削用量密切相关。背吃刀量、进给量、切削速度是切削用量的三个要素。背吃刀量和进给量同时增大, 切削力也增大, 变形也大, 对铣削薄壁零件极为不利。

减少背吃刀量, 增大进给量, 切削力虽然有所下降, 但工件表面残余面积增

大，表面粗糙度值大，使强度不好的薄壁零件的内应力增加，同样也会导致零件的变形。所以粗加工时，背吃刀量和进给量可以取大些；精加工时用尽量高的切削速度，但不易过高。合理选用三要素就能减小切削力，从而减少变形。

合理选用切削液。用高速钢刀具粗加工时，以水溶液冷却，主要降低切削温度；精加工时，采用中、低速加工，选用润滑性能好的极压切削油或高浓度的极压乳化液，主要改善已加工表面的质量和提高刀具耐用度。硬质合金刀具粗加工时，采用低浓度的乳化液或水溶液，必须连续地、充分地浇注；精加工时采用的切削液与粗加工时基本相同，但应适当提高其润滑性能，在铣削过程中充分使用切削液，不仅减小了切削力，而且刀具耐用度得到提高，工件表面粗糙度值也降低了，同时工件不受切削热的影响，保证其加工尺寸和几何精度不发生变化，保证了零件的加工质量。

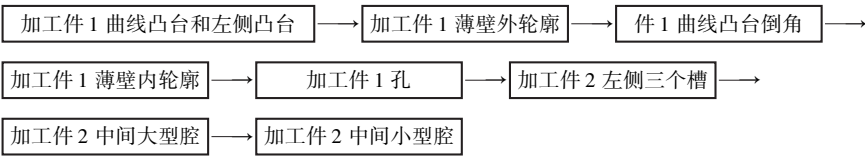
(3) 工艺方案

通过对图样及加工难点的分析，该工件可以分两道工序完成：

工序一：以工件 1 底面和侧面找正定位夹紧，加工工件 1 各轮廓并钻、镗 $\phi 30^{+0.02}_0$ mm，攻 M10-7H，保证其与四周的对称度。

工序二：以工件 2 底面和两侧面为找正定位基准并装夹工件，加工工件 2 各轮廓并钻 $\phi 12$ H7，保证其与四周的对称度。

具体的加工路线图示如下：

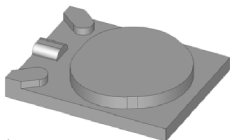


四、程序编制（见表 10-4）

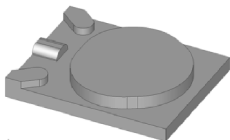
表 10-4 参考程序

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
1	加工件 1 曲线凸台和左侧凸台		O0101; G90 G94 G40 G21 G17 G54; M03 S600; M08; G00 Z5.0; G00 X75.0 Y0.0; Z1.0; G01 Z-12.0 F100; G41 G01 X65.0 Y0 D01; G02 X40.0 Y-43.301 R50.0; G01 X32.5 Y-47.631; G02 X-35.0 Y-8.66 R45.0; G01 Y8.66; G02 X32.5 Y47.631 R45.0;	件 1 曲线凸台和左侧凸台加工主程序。保证尺寸 $18^{+0.032}_{-0.050}$ mm, $R9$ mm, $Ra1.6$ mm, $7^{+0}_{-0.036}$ mm, $20^{+0.033}_{0}$ mm, $23^{+0.033}_{0}$ mm, $R50$ mm, 60° , $R45$ mm, $6^{+0.03}_{0}$ mm, $100^{+0.035}_{0}$ mm 用 $\phi 16$ mm 立铣刀，01 号刀补

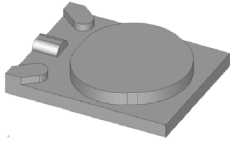
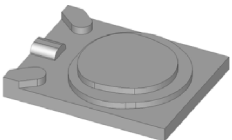
(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
1	加工件 1 曲线凸台 和左侧 凸台		G01 X40.0 Y43.301; G02 X65.0 Y0.0 R50.0; G40 G01 X75.0; G00 Z5.0; M98 P0102; G51.1 Y0; M98 P0102; G50.1 Y0; G00 X-85.0 Y20.0; Z-12.0; G41 G01 X-75.0 Y10.0 D01 F100; X-52.0; Y-10.0; X-75.0; G40 G00 X-85.0; Z5.0; M98 P0103; G51.1 Y0; M98 P0103; G50.1 Y0; M98 P0104; G51.1 Y0; M98 P0104; G50 1 Y0; G00 X-69.0 Y60.0; G01 Z-12.0; Y-60.0; X-60.0; Y60.0; X-50.0; Y60.0; G00 Z5.0; M09; M05; M30;	件 1 曲线凸台和左侧凸台加工主程序。保证尺寸 $18_{-0.050}^{-0.032}$ mm, $R9$ mm, $Ra1.6$ mm, $7_{-0.036}^0$ mm, $20_{0}^{+0.033}$ mm, $23_{0}^{+0.033}$ mm, $R50$ mm, 60° , $R45$ mm, $6_{0}^{+0.03}$ mm, $100_{0}^{+0.035}$ mm 用 $\phi 16$ mm 立铣刀, 01 号刀补
			O0102; G00 X-85.0 Y-70.0; Z-12.0; G42 G01 X-75.0 Y-60.0 D01 F100; X-60.593; X-48.258 Y-50.132; G03 X-59.502 Y-36.076 R9.0; G01 X-75.0 Y-48.474; Y-60.0; G40 G01 Y-70.0; G00 Z5.0; M99;	两角的凸台加工子程序

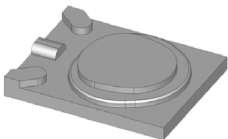
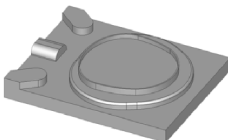
(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
1	加工件1 曲线凸台 和左侧 凸台		O0103; G00 X-75.0 Y26.0; Z1.0; G01 Z-12.0; X-36.0 Y60.0; Z1.0; G01 Z-12.0; X23.0; Z1.0; G00 Z5.0; M99;	去余量子程序 1
			O0104; G00 X75.0 Y32.905; Z1.0; G01 Z-12.0 F100; Y32.904; X74.999 Y32.905; X75.0; G00 Z5.0; X74.999; Z1.0; G01 Z-12.0; X65.433 Y42.505; X75.0; G00 Z5.0; X65.433; Z1.0; G01 Z-12.0; X55.867 Y52.105; X75.0; G00 Z5.0; X55.867; Z1.0; G01 Z-12.0; X48.0 Y60.0; X75.0; G00 Z5.0; M99;	去余量子程序 2
			O0105; G90 G94 G40 G21 G17 G54; M03 S600; M08; G00 Z5.0; X-80.0 Y20.0; #1=0; #2=7.0; #3=8.0; N40 #4=#2 * [1 - COS [#1]] +4;	圆角凸台倒角程序

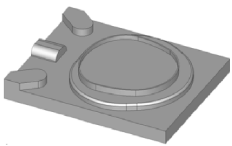
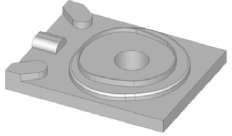
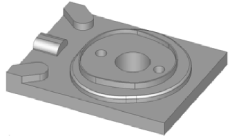
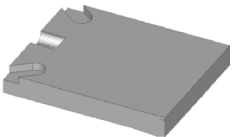
(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
1	加工件 1 曲线凸台 和左侧 凸台		<pre> #5 = #3 - #2 * [1 - SIN [#1]]; G01 Z - #4 F60; G10 L12 P1 R#5; G41 G01 X - 80.0 Y10.0 D01; G01 X45.0; G01 Y - 10.0; G01 X - 85.0; G01 Y10.0; G40 G01 X - 90.0 Y15.0; #1 = #1 + 1.0; IF [#1LE90.0] GOTO40; M09; M05; M30; </pre>	圆角凸台倒角程序
2	加工件 1 薄壁 外轮廓		<pre> O0106; G90 G94 G40 G21 G17 G54; M03 S600; M08; G00 Z5.0; X80.0 Y - 60.0; G01 Z - 6.0 F100; G41 G01 X27.2872 Y - 35.6258 D01; #100 = 27.1872; N50 #101 = SQRT [3600 - 1600 * [#100 * #100] / 1600]; G01 X#100 Y#101; #100 = #100 - 0.1; IF [#100GE0.0] GOTO50; #102 = - 40.0; N100 #103 = SQRT [900 - 900 * [#102 * #102] / 1600]; G01 X#103 Y#102; #102 = #102 + 0.1; IF [#102LE40.0] GOTO100; #103 = 0; N150 #104 = SQRT [3600 - 1600 * [#103 * #103] / 1600]; G01 X#103 Y#104; #103 = #103 + 0.1; IF [#100LE27.2872] GOTO150; G02 X27.287 Y - 35.6258 R38.0; G40 G01 X70.0 Y - 70.0; M09; M05; M30; </pre>	保证长度尺寸 $80_{-0.09}^{+0.06}$ ，深度 尺寸 $6_{-0.03}^{+0}$ mm 用 $\phi 16$ 立铣刀，01 号刀补

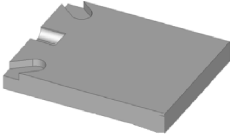
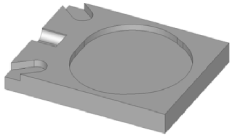
(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
3	加工件1 曲线凸台倒角		<pre> O0107; G90 G94 G40 G21 G17 G54; M03 S600; M08; G00 Z5.0; X80.0 Y-70.0; #1=0; #2=2.0; #3=8.0; #4=#2*[1-COS[#1]]+6; #5=#3-#2*[1-SIN[#1]]; G01 Z-#4 F60; G10 L12 P1 R#5; G41 G01 X40.0 Y-43.3013 D01; G01 X32.5 Y-47.6314; G02 X35.0 Y-8.6603 R45.0; G01 Y8.6603; G02 X32.5 Y47.6314 R45.0; G01 X40.0 Y43.301; G02 Y-43.301 R50.0; G40 G01 X80.0 Y-80.0; #1=#1+1.0; IF [#1LE90.0] GOTO40; M09; M05; M30; </pre>	件1曲线凸台倒角加工,保证尺寸R2mm 用φ16mm立铣刀,01号刀补
4	加工件1 薄壁内轮廓		<pre> O0108; G90 G94 G40 G21 G17 G54; M03 S600; M08; G00 Z5.0; X80.0 Y-60.0; G01 Z-6.0 F100; G41 G01 X27.2872 Y-35.6258 D02; #100=27.1872; N50 #101=SQRT[3600-1600* [#100*#100]/1600]; G01 X#100 Y#101; #100=#100-0.1; IF [#100GE0.0] GOTO50; #102=-40.0; N100 #103=SQRT[900-900* [#102*#102]/1600]; G01 X#103 Y#102; #102=#102+0.1; IF [#102LE40.0] GOTO100; #103=0; N150 #104=SQRT[3600-1600* [#103*#103]/1600]; </pre>	用φ16mm立铣刀,02号刀补。在02号刀补里面输入刀具半径值8.5mm 保证壁厚尺寸$0.8_{-0.025}^0$mm,长度尺寸$80_{-0.09}^{-0.06}$mm,深度尺寸$6_{-0.03}^0$mm

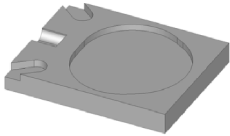
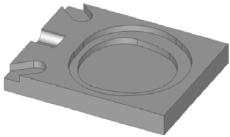
(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
4	加工件 1 薄壁 内轮廓		G01 X#103 Y#104; #103=#103+0.1; IF [#100LE27.2872] GOTO150; G02 X27.287 Y-35.6258 R38.0; G40 G01 X70.0 Y-70.0; M09; M05; M30;	用 $\phi 16\text{mm}$ 立铣刀, 02 号刀补。在 02 号刀补里面输入刀具半径值 8.5mm 保证壁厚尺寸 $0.8_{-0.025}^0\text{mm}$, 长度尺寸 $80_{-0.09}^{-0.06}\text{mm}$, 深度尺寸 $6_{-0.03}^0\text{mm}$
5	加工件 1 孔		O0109; G90 G94 G40 G21 G17 G54; M03 S900; M08; G00 Z50.0; X15.0 Y0; G90 G85 X15.0 Y0 Z-25.0 R5.0 F100; G80; M09; M05; M30;	镗孔程序。 镗孔之前先将孔径加工到 $\phi 29.5\text{mm}$, 然后用 $\phi 30\text{mm}$ 镗刀镗孔
			O0110; G90 G94 G40 G21 G17 G54; M03 S900; M08; G00 Z50.0; X-15.0 Y0; G84 X-15.0 Y0 Z-25.0 R5.0 P1000 F40 K1; X40.0 Y0; G80; M09; M05; M30;	攻螺纹程序。 攻螺纹之前先用钻孔, 用 $\phi 9.8\text{mm}$ 钻头。然后用 $\phi 10\text{mm}$ 机用铰刀攻螺纹。保证尺寸 M10-H7
6	加工件 2 左侧三个槽		O0111; G90 G94 G40 G21 G17 G54; M03 S600; M08; G00 Z5.0; M98 P0112; G51.1 Y0; M98 P0112; G50.1 Y0; M09; M05; M30;	件 2 左侧三个槽主程序。 保证尺寸 $18_{0}^{+0.027}\text{mm}$, $R9\text{mm}$, $Ra1.6\mu\text{m}$, $7_{0}^{+0.036}\text{mm}$, $20_{0}^{+0.033}\text{mm}$, $23_{0}^{+0.033}\text{mm}$ 注: 中间圆弧倒角槽采用竖直安装加工。用 $\phi 14\text{mm}$ 立铣刀, 程序略

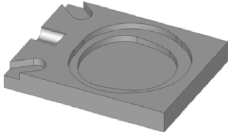
(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
6	加工件2 左侧 三个槽		<pre> O0112; G00 X-85.0 Y-70.0; Z-7.0; G41 G01 X-75.0 Y-60.0 D01 F100; X-60.593; X-48.258 Y-50.132; G03 X-59.502 Y-36.076 R9.0; G01 X-75.0 Y-48.474; Y-60.0; G40 G01 Y-70.0; G00 Z5.0; M99; </pre>	件2左侧三个槽主程序。用 $\phi 16\text{mm}$ 立铣刀, 01 号刀补
7	加工件2 中间 大型腔		<pre> O0113; G90 G94 G40 G21 G17 G54; M03 S600; M08; G00 Z5.0; G00 X-7.5 Y-38.971; Z1.0; G01 Z-6.0 F100; G41 G01 X-12.5 Y-47.631 D01 F100; G03 X32.5 R45.0; G01 X40.0 Y-43.301; G03 Y43.301 R50.0; G01 X32.5 Y47.631; G03 X-35.0 Y8.66 R45.0; G01 Y-8.66; G03 X-12.5 Y-47.631 R45.0; G40 G01 X-7.5 Y-38.971; G00 Z5.0; G00 X10.0 Y-8.86; Z1.0; G01 Z-6.0 F100; G03 X10.1 Y-8.833 R0.2; G01 X17.6 Y-4.503; G03 Y4.503 R5.2; G01 X10.1 Y8.833; G03 X9.8 Y8.66 R0.2; G01 Y-8.66; G03 X10.0 Y-8.86 R0.2; G01 Y-18.46; G03 X14.9 Y-17.147 R9.8; G01 X22.4 Y-12.817; G03 Y12.817 R14.8; G01 X14.9 Y17.147; G03 X0.2 Y8.66 R9.8; G01 Y-8.66; </pre>	件2中间大型腔加工, 保证 尺寸 35mm, $R50\text{mm}$, 60° , $R45\text{mm}$, $6^{+0.03}_0\text{mm}$, $100^{+0.035}_0\text{mm}$ 用 $\phi 16\text{mm}$ 立铣刀, 01 号 刀补

(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
7	加工件 2 中间大型腔		G03 X10.0 Y-18.46 R9.8; G01 Y-28.06; G03 X19.7 Y-25.461 R19.4; G01 X27.2 Y-21.131; G03 Y21.131 R24.4; G01 X19.7 Y25.461; G03 X-9.4 Y8.66 R19.4; G01 Y-8.66; G03 X10.0 Y-28.06 R19.4; G01 Y-37.66; G03 X24.5 Y-33.775 R29.0; G01 X32.0 Y-29.445; G03 Y29.445 R34.0; G01 X24.5 Y33.775; G03 X-19.0 Y8.66 R29.0; G01 Y-8.66; G03 X10.0 Y-37.66 R29.0; G00 Z5.0; M09; M05; M30;	件 2 中间大型腔加工, 保证尺寸 35mm, R50mm, 60°, R45mm, $6^{+0.03}_0$ mm, $100^{+0.035}_0$ mm 用 $\phi 16$ mm 立铣刀, 01 号刀补
8	加工件 2 中间小型腔		O0114; G90 G94 G40 G21 G17 G54; M03 S600; M08; G00 Z5.0; X80.0 Y-60.0; G01 Z-6.0 F100; G41 G01 X27.2872 Y-35.6258 D02; #100=27.1872; N50 #101=SQRT [3600-1600* [#100*#100] /1600]; G01 X#100 Y#101; #100=#100-0.1; IF [#100GE0.0] GOTO50; #102=-40.0; N100 #103=SQRT [900-900* [#102*#102] /1600]; G01 X#103 Y#102; #102=#102+0.1; IF [#102LE40.0] GOTO100; #103=0; N150 #104=SQRT [3600-1600* [#103*#103] /1600]; G01 X#103 Y#104; #103=#103+0.1;	件 2 中间小型腔加工。保证尺寸 $72^{+0.046}_0$ mm, $6^{+0.03}_0$ mm 用 $\phi 16$ mm 立铣刀, 01 号刀补

(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
8	加工件 2 中间 小型腔		IF [#100LE27.2872] GOTO150; G02 X27.287 Y-35.6258 R38.0; G40 G01 X70.0 Y-70.0; M09; M05; M30;	件 2 中间小型腔加工。保证 尺寸 $72^{+0.046}_0$ mm, $6^{+0.03}_0$ mm 用 $\phi 16$ mm 立铣刀, 01 号 刀补

五、样例小结

本例所要注意的问题是如何合理选用切削用量三要素, 合理选用切削用量三要素就能减小切削力, 从而减少变形。

职业技能鉴定样例 11

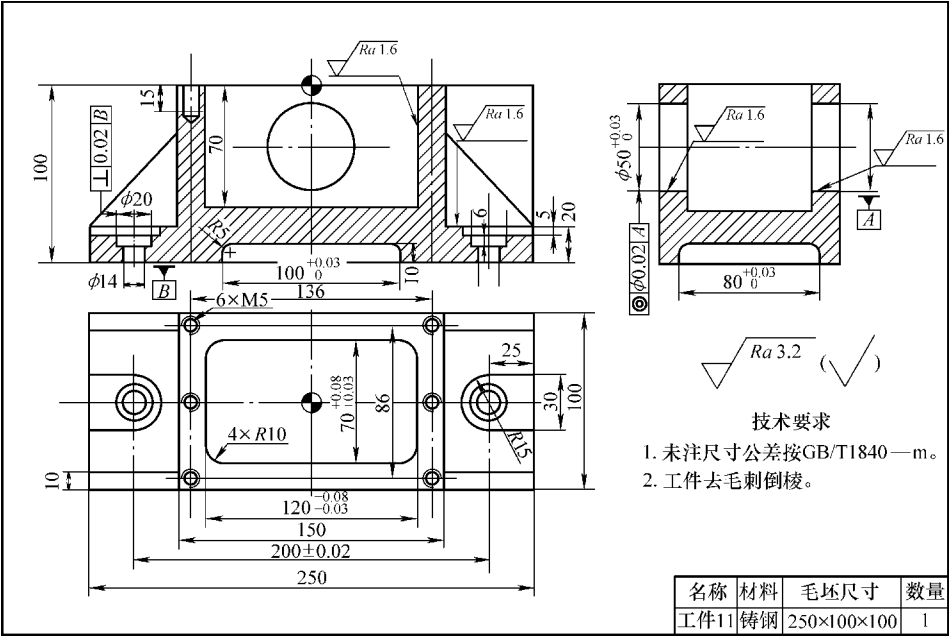
考核目标

- 1) 掌握子程序的应用方法。
- 2) 掌握钻镗工序的编程方法。
- 3) 能编制数控程序进行复杂工件的加工。

一、考核要求

1. 总体要求

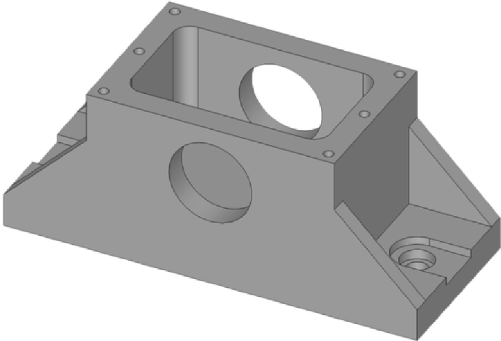
加工图 11-1 所示工件，试分析其加工工艺，并编写数控加工程序。本题分值为 100 分，考核时间为 240min。



a)

图 11-1 工件 11

a) 零件图



b)
图 11-1 工件 11 (续)
b) 实体图

2. 配分及评分标准

- 1) 操作技能考核总成绩见表 1-1。
- 2) 现场操作规范评分见表 1-2。
- 3) 工件质量评分见表 11-1。

表 11-1 工件质量评分表

序号	考核内容	考核要点	配分	评分标准	得分
1	外形轮廓	R10mm	2	超差不得分	
2		$80^{+0.03}_0$ mm	4	超差 0.01mm 扣 2 分	
3		$100^{+0.03}_0$ mm	4	超差 0.01mm 扣 2 分	
4		70mm	3	超差不得分	
5		20mm	3	超差不得分	
6		5mm	2	超差不得分	
7		6mm	2	超差不得分	
8		10mm	2	超差不得分	
9		150mm	2	超差不得分	
10		R5mm	2	超差不得分	
11		$120^{+0.08}_{+0.03}$ mm	4	超差 0.01mm 扣 2 分	
12		$70^{+0.08}_{+0.03}$ mm	4	超差 0.01mm 扣 2 分	
13	螺纹	6 × M5	12	超差一处扣 2 分	
14	孔系	φ14mm	2	超差不得分	
15		φ20mm	2	超差不得分	
16		15mm	2	超差不得分	
17		R15mm	2	超差不得分	
18		25mm	2	超差不得分	
19		86mm	2	超差不得分	
20		$\phi 50^{+0.03}_0$ mm	3	超差 0.01mm 扣 2 分	
21		136mm	2	超差不得分	

(续)

序号	考核内容	考核要点	配分	评分标准	得分
22	表面粗糙度和几何公差	$Ra1.6\mu m$	2	超差一处扣 2 分，不倒扣	
23		$Ra3.2\mu m$	3	超差一处扣 2 分，不倒扣	
24		$\perp 0.02 B$	4	超差不得分	
25		$\varnothing 0.02 A$	4	超差不得分	
26	程序编制	指令正确，程序完整	3	不合理每处扣 1 分	
		数值计算正确，计算简化，有一定技巧	3	不合理每处扣 1 分	
		刀具补偿功能运用正确、合理	3	不合理每处扣 1 分	
		切削参数、坐标系选择正确	3	不合理每处扣 1 分	
27	加工工艺	工件定位、夹紧及刀具选择合理	3	不合理每处扣 2 分	
		加工顺序及刀具轨迹路线合理	3		
28	其他项目	工件完整、局部无缺陷	3	出现一处不得分	
		工件按时完成	3	超时不得分	
合 计					

二、加工准备

(1) 设备、材料准备 (见表 11-2)

表 11-2 设备、材料准备

序号	名 称	规 格	单位	数量	备 注
1	加工中心	400mm × 800mm	台	1	
2	毛坯	250mm × 100mm × 100mm	件	1	铸钢

(2) 工、量、刃具准备 (见表 11-3)

表 11-3 工、量、刃具准备 (单位: mm)

序号	名 称	规 格	数量	备注
1	游标卡尺	0.02/0 ~ 150	1	
2	百分表	0.01/0 ~ 10	1	
3	磁性表座		1	
4	内径量表	0.01/35 ~ 50	1	

(续)

序号	名 称	规 格	数量	备注
5	内径千分尺	0.01/8 ~ 25、0.01/25 ~ 50	1	
6	游标深度卡尺	0.02/0 ~ 100	1	
7	深度千分尺	0.01/0 ~ 25	1	
8	半径样板	R15 ~ R30、R1 ~ R6.5	各 1	
9	螺纹塞规	M5 - 6H	1	
10	塞尺	0.02 ~ 1	1 副	
11	钻头	$\phi 6$ 中心钻, $\phi 4.2$, $\phi 11.8$	各 1	
12	机用丝锥	M5	1	
13	立铣刀	$\phi 8$ 、 $\phi 10$ 、 $\phi 12$ 、 $\phi 14$ 、 $\phi 16$ 、 $\phi 18$ 、 $\phi 20$	各 1	
14	面铣刀	$\phi 60$ (R 型面铣刀片)	1	
15	粗、精镗刀	$\phi 35 \sim \phi 50$	1	
16	刀柄、夹头	以上刀具相关刀柄、钻夹头、弹簧夹	若干	
17	夹具	精密平口钳及垫铁	1	
18	其他	常用数控铣床辅具	若干	

三、零件加工要求分析

1. 图样分析

(1) 工件类型 该工件属于箱体类工件,主要加工平面、平面上的曲线、曲面及孔系。

(2) 工件材料及毛坯 该工件的材质为铸钢。毛坯外形为 $250\text{mm} \times 100\text{mm} \times 100\text{mm}$ 的箱体,外形易于装夹。

(3) 加工内容及要求 该工件主要由平面、轮廓和孔系组成。按照工件的形状特点,该工件的主要加工内容分为平面加工、轮廓加工、孔加工三部分。

1) 平面加工。

① 铣工件上表面 $120\text{mm} \times 70\text{mm} \times 70\text{mm}$,其表面粗糙度为 $Ra3.2\mu\text{m}$ 。

② 铣工件底面 $100\text{mm} \times 80\text{mm} \times 10\text{mm}$,其表面粗糙度为 $Ra3.2\mu\text{m}$ 。

2) 轮廓加工。型腔轮廓,深度为 70mm ,轮廓尺寸为 $120^{+0.08}_{+0.03}\text{mm}$, $70^{+0.08}_{+0.03}\text{mm}$, $R10\text{mm}$,轮廓周边的表面粗糙度为 $Ra1.6\mu\text{m}$,其余均为 $Ra3.2\mu\text{m}$ 。

3) 孔加工。

① 一个通孔 $\phi 50^{+0.03}_0\text{mm}$,表面粗糙度为 $Ra1.6\mu\text{m}$ 。

② 两个通孔 $\phi 14\text{mm}$,表面粗糙度为 $Ra3.2\mu\text{m}$ 。

③ 六个螺孔 M5,保证位置精度。

④ 两个沉孔 $\phi 20$,表面粗糙度为 $Ra3.2\mu\text{m}$ 。

2. 工艺分析

(1) 确定工艺基准 加工该工件,选择底面为装夹定位基准。

(2) 难点分析 精度要求较高的尺寸主要有中心距 (200 ± 0.02) mm, 以及两个型腔的外形尺寸。对于尺寸精度要求, 主要通过加工过程中的精确对刀, 正确选用刀具的磨损量和正确选用合适的加工工艺等措施来保证。

孔的表面粗糙度和型腔内侧的表面粗糙度为 $Ra1.6\mu\text{m}$, 其他为 $Ra3.2\mu\text{m}$ 。对于表面粗糙度的要求, 主要通过选用正确的粗、精加工路线, 选用合适的切削用量等措施来保证。

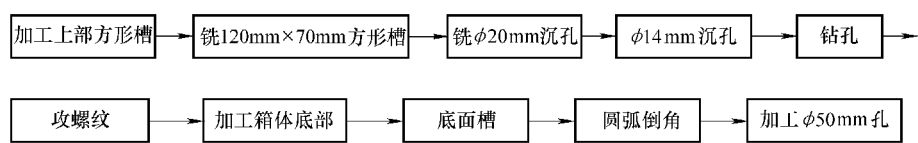
(3) 工艺方案 通过对图样及加工难点的分析, 该工件可以分三道工序完成:

工序一: 以工件底面和侧面找正定位夹紧, 加工工件各轮廓及表面, 并钻、铣 $\phi 14\text{mm}$, $\phi 20\text{mm}$, 攻 M5, 保证其与四周的对称度。

工序二: 以顶面和两侧面为找正定位基准并装夹工件, 加工底面槽。

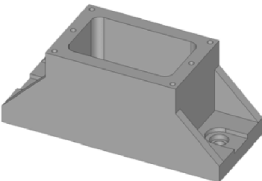
工序三: 以顶面、底面和侧面为找正定位基准并装夹工件, 钻、镗加工 $\phi 50^{+0.03}_0\text{mm}$ 孔。

具体的加工路线如下:

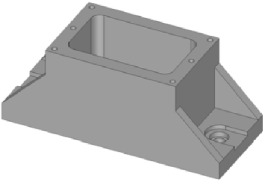
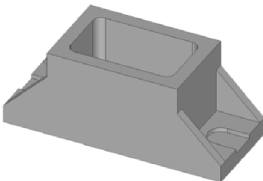


四、程序编制 (见表 11-4)

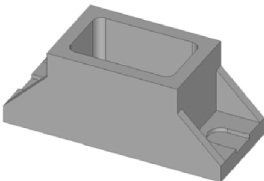
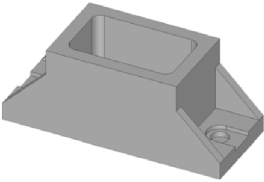
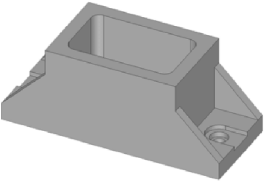
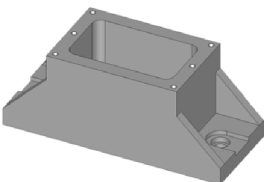
表 11-4 参考程序

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
1	加工上部方形槽		O0071; G90 G94 G40 G21 G17 G54; G91 G28 Z0.0; T01 M06; G90 G00 X0.0 Y0.0; G43 Z50.0 H01; M03 S600; M08; M98 P10; G00 Z50.0; M98 P11; G00 Z50.0; G91 G28 Z0.0; T02 M06; G90 G00 X-100.0 Y0.0; G43 Z50.0 H02; M03 S1200; M08;	箱体上部方形槽加工主程序。以上表面几何中心为编程零点, 保证尺寸 30mm, 25mm, R15mm, R20mm, R14mm, $Ra1.6\mu\text{m}$ 1 号刀具为 $\phi 20\text{mm}$ 立铣刀, 2 号刀具为 $\phi 14\text{mm}$ 铣刀, 3 号刀具为 $\phi 6\text{mm}$ 中心钻, 4 号刀具为 $\phi 4.2\text{mm}$ 钻头, 5 号刀具为 $\phi 5\text{mm}$ 丝锥

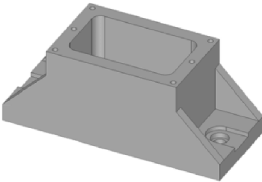
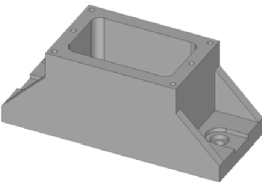
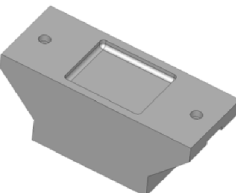
(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
1	加工上部 方形槽		<pre> M98 P12; G00 Z50.0; G91 G28 Z0.0; T03 M06; G90 G00 X-68.0 Y43.0; G43 Z50.0 H03; M03 S1200; M08; M98 P13; G00 Z50.0; G91 G28 Z0.0; T04 M06; G90 G00 X-68.0 Y43.0; G43 Z50.0 H04; M03 S1000; M08; M98 P14; G00 Z50.0; G91 G28 Z0.0; T05 M06; G90 G00 Z-68.0 Y43.0; G43 Z50.0 H05; M03 S200; M08; M98 P15; G00 Z50.0; G91 G28 Y0.0; M05; M09; M30; </pre>	箱体上部方形槽加工主程序。以上表面几何中心为编程零点,保证尺寸 30mm, 25mm, R15mm, R20mm, R14mm, Ra1.6μm 1 号刀具为 φ20mm 立铣刀, 2 号刀具为 φ14mm 铣刀, 3 号刀具为 φ6mm 中心钻, 4 号刀具为 φ4.2mm 钻头, 5 号刀具为 φ5mm 丝锥
2	铣 120mm × 70mm 方 形槽		<pre> O0010; G90 G00 X-40.0 Y-20.0; G00 Z2.0; G01 Z-70.0 F200; G41 G01 X-50.0 Y-35.0 D01; G02 X-60.0 Y-25.0 R10.0; G01 Y25.0; G02 X-50.0 Y35.0 R10.0; </pre>	铣 120mm × 70mm 方形槽子程序

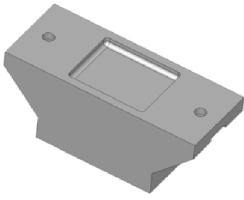
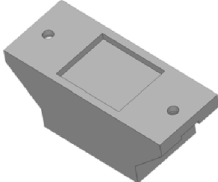
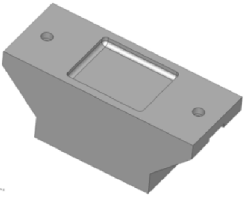
(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
2	铣 120mm × 70mm 方形 槽		G01 X50.0; G02 X60.0 Y25.0 R10.0; G01 Y-25.0; G02 X50.0 Y-35.0 R10.0; G01 X-50.0; G40 G01 X-40.0 Y-20.0; M99;	铣 120mm × 70mm 方形槽子程序
3	铣 φ20mm 沉孔		O0011; G00 X-100.0 Y0.0; G00 Z-75.0; G01 Z-91.0 F100; G00 Z50.0; G00 X100.0 Y0.0; G00 Z-75.0; G01 Z-91.0 F100; G00 Z50.0; M99;	铣 φ20mm 沉孔子程 序。保证深度尺 寸 6mm
4	铣 φ14mm 沉孔		O0012; G00 X-100.0 Y0.0; G00 Z-75.0; G01 Z-105.0 F100; G00 Z50.0; G00 X100.0 Y0.0; G00 Z-75.0; G01 Z-105.0 F100; G00 Z50.0; M99;	铣 φ14mm 沉孔子 程序
5	钻孔		O0013; G00 X-68.0 Y43.0; G00 Z50.0; G81 X-68.0 Y43.0 Z-3.0 R10.0; X68.0; Y0.0; X-68.0; Y-43.0; Y43.0; G80; M99;	中心钻定位子程序

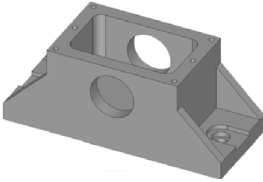
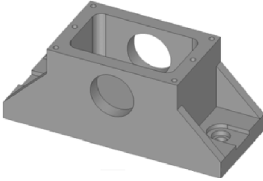
(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
5	钻孔		O0014; G00 X-68.0 Y43.0; G00 Z50.0; G81 X-68.0 Y43.0 Z-20.0 R10.0; X68.0; Y0.0; X-68.0; Y-43.0; Y43.0; G80; M99;	钻孔子程序
6	攻螺纹		O0015; G00 X-68.0 Y43.0; G00 Z50.0; G98 G94 G84 X-68.0 Y43.0 Z- 15.0 R10.0 F200; X68.0; Y0.0; X-68.0; Y-43.0; Y43.0; G80; M99;	攻螺纹子程序
7	加工箱体底部		O0072; G90 G94 G40 G21 G17 G54; G91 G28 Z0.0; T06 M06; G90 G00 X0.0 Y0.0; G43 Z50.0 H06; M03 S600; M08; M98 P20; G00 Z50.0; G91 G28 Z0.0; G90 G94 G40 G21 G17 G54; G91 G28 Z0.0; T07 M06; G00 X0.0 Y0.0; G43 Z50.0 H07;	箱体底部加工主程序。以底面几何中心为编程零点。保证尺寸 $100^{+0.03}_0$ mm, $80^{+0.03}_0$ mm, 10mm 6号刀具为 $\phi 8$mm 铣刀, 7号刀具为 $\phi 10$mm 球头铣刀

(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
7	加工箱体底部		M03 S400; M08; M98 P21; G00 Z50.0; G91 G28 Z0.0; G91 G28 Y0.0; M05; M09; M30;	箱体底部加工主程序。 以底面几何中心为编程零点。保证尺寸 $100^{+0.03}_0$ mm, $80^{+0.03}_0$ mm, 10mm 6号刀具为 $\phi 8$ mm 铣刀, 7号刀具为 $\phi 10$ mm 球头铣刀
8	铣底面槽		O0020; G00 X-30.0 Y-20.0; G00 Z2.0; G01 Z-5.0 F200; G41 G01 X-45.0 Y-40.0 D06; G02 X-50.0 Y-35.0 R5.0; G01 Y35.0; G02 X-45.0 Y40.0 R5.0; G01 X45.0; G02 X50.0 Y35.0 R5.0; G01 Y-35.0; G02 X45.0 Y-40.0 R5.0; G01 X-45.0; G40 G01 X-30.0 Y-20.0; M99;	铣底面槽子程序
9	圆弧倒角		O0021; G00 X-30.0 Y-20.0; G00 Z2.0; G01 Z-10.0 F200; G41 G01 X-45.0 Y-40.0 D07; G02 X-50.0 Y-35.0 R5.0; G01 Y35.0; G02 X-45.0 Y40.0 R5.0; G01 X45.0; G02 X50.0 Y35.0 R5.0; G01 Y-35.0; G02 X45.0 Y-40.0 R5.0; G01 X-45.0; G40 G01 X-30.0 Y-20.0; M99;	球头铣刀加工圆弧倒角子程序

(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
10	加工 $\phi 50\text{mm}$ 孔		O0073; G90 G94 G40 G21 G17 G54; G91 G28 Z0.0; T08 M06; G90 G00 X0.0 Y0.0; G43 Z50.0 H08; M03 S600; M08; M98 P30; G00 Z50.0; G91 G28 Z0.0; G91 G28 Y0.0; M05; M09; M30;	$\phi 50\text{mm}$ 孔加工主程序。 保证尺寸 $\phi 50^{+0.03}_0\text{mm}$ 8 号刀具为 $\phi 50\text{mm}$ 镗刀
			O0030; G00 X0.0 Y-25.0; G00 Z50.0; G85 X0.0 Y-25.0 Z-105.0 R10.0; G80; M99;	$\phi 50\text{mm}$ 孔加工子程序

五、样例小结

本例是箱体类零件的加工，安排加工顺序时应掌握以下要点：

1) 人工时效工序安排。为了消除铸造内应力，防止加工后的变形，需进行时效处理。时效处理一般应安排在粗加工平面和轴孔之后，精加工之前。对于普通机床的箱体，可在毛坯铸造后即进行时效处理，而在粗加工后、精加工之前存放一段时间，以消除加工内应力。

2) 粗精分开，先粗后精。箱体零件主要是平面和轴孔加工，应尽可能把粗、精加工分开，并分别在不同机床上进行。

3) 先加工平面，后加工轴孔，符合箱体加工的一般规律。

4) 紧固螺孔等小孔的加工在轴孔精加工之后，符合先加工重要表面、后加工次要表面的原则。与轴孔相交的油孔，必须在轴孔精加工后钻出，以免轴孔精镗时产生断续切削和振动。

职业技能鉴定样例 12

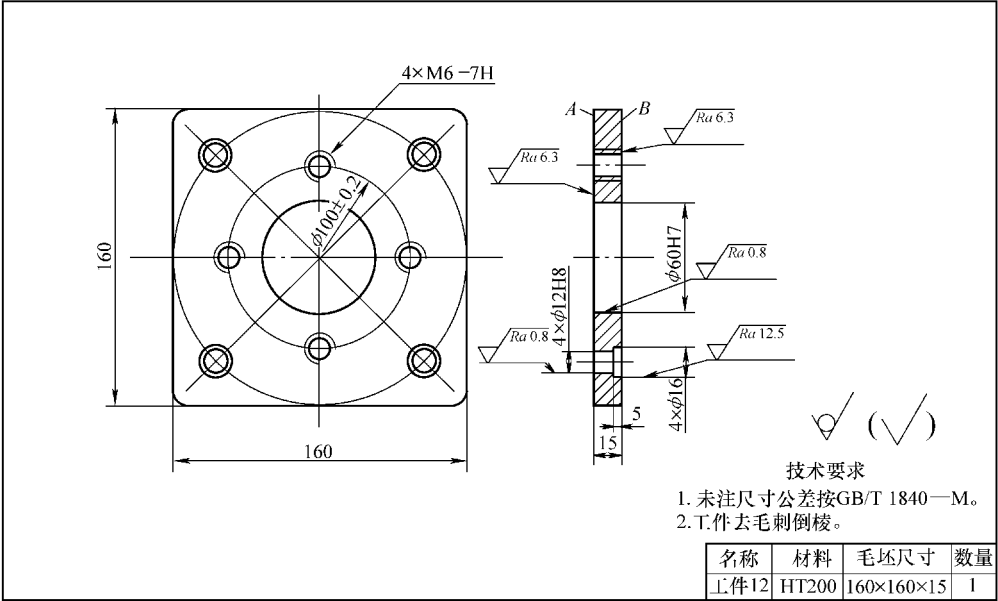
考核目标

- 1) 掌握子程序的应用方法。
- 2) 掌握螺纹的加工方法。
- 3) 能编制数控程序进行复杂工件的加工。

一、考核要求

1. 总体要求

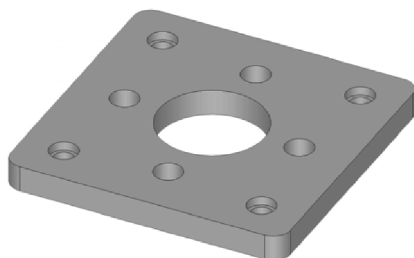
加工图 12-1 所示工件，试分析其加工工艺，并编写数控加工程序。本题分值为 100 分，考核时间为 240min。



a)

图 12-1 工件 12

a) 零件图



b)

图 12-1 工件 12 (续)

b) 实体图

2. 配分及评分标准

- 1) 操作技能考核总成绩见表 1-1。
- 2) 现场操作规范评分见表 1-2。
- 3) 工件质量评分见表 12-1。

表 12-1 工件质量评分表

序号	考核内容	考核要点	配分	评分标准	得分
1	内轮廓与孔	$4 \times \phi 16\text{mm}$	16	超差一处扣 4 分	
2		$4 \times \phi 12\text{H8}$	16	超差一处扣 4 分	
3		$\phi (100 \pm 0.2) \text{ mm}$	4	超差 0.1mm 扣 2 分	
4		$4 \times \text{M16} - 7\text{H}$	16	超差一处扣 4 分	
5		$\phi 60\text{H7}$	5	超差不得分	
6		5mm	3	超差不得分	
7	表面粗糙度	$Ra1.6\mu\text{m}$	6	超差一处扣 2 分, 不倒扣	
8		$Ra3.2\mu\text{m}$	6	超差一处扣 2 分, 不倒扣	
9	程序编制	指令正确, 程序完整	4	不合理每处扣 1 分	
		数值计算正确, 计算简化, 有一定技巧	4	不合理每处扣 1 分	
		刀具补偿功能运用正确、合理	4	不合理每处扣 1 分	
		切削参数、坐标系选择正确	4	不合理每处扣 1 分	
10	加工工艺	工件定位、夹紧及刀具选择合理	3	不合理每处扣 2 分	
		加工顺序及刀具轨迹路线合理	3		

(续)

序号	考核内容	考核要点	配分	评分标准	得分
11	其他项目	工件完整、局部无缺陷	3	出现一处不得分	
		工件按时完成	3	超时不得分	
合 计					

二、加工准备

(1) 设备、材料准备 (见表 12-2)

表 12-2 设备、材料准备

序号	名 称	规 格	单位	数量	备注
1	加工中心	400mm × 800mm	台	1	
2	毛 坯	160mm × 160mm × 15mm	件	1	HT200

(2) 工、量、刃具准备 (见表 12-3)

表 12-3 工、量、刃具准备 (单位: mm)

序号	名 称	规 格	数量	备注
1	游标卡尺	0.02/0 ~ 150	1	
2	游标万能角度尺	2' / 0° ~ 320°	1	
3	百分表	0.01/0 ~ 10	1	
4	磁性表座		1	
5	内径量表	0.01/18 ~ 35	1	
6	内径千分尺	0.01/25 ~ 50	1	
7	通止规	φ10H8	1	
8	游标深度卡尺	0.02/0 ~ 100	1	
9	深度千分尺	0.01/0 ~ 25	1	
10	半径样板	R15 ~ R30	1	
11	塞尺	0.02 ~ 1	1 副	
12	钻头	φ3 中心钻, φ12, φ14	各 1	
13	粗、精镗刀	φ35 ~ φ50	1	
14	立铣刀	φ16	各 1	
15	面铣刀	φ100 (R 型面铣刀片)	1	
16	刀柄、夹头	以上刀具相关刀柄、钻夹头、弹簧夹	若干	
17	夹具	精密平口钳及垫铁	1	
18	其他	常用数控铣床辅具	若干	

三、零件加工要求分析

1. 图样分析

(1) 工件类型 该工件属于盖板类工件, 主要加工平面和孔系。

(2) 工件材料及毛坯 该工件的材质为 HT200。毛坯外形为 $160\text{mm} \times 160\text{mm} \times 15\text{mm}$ 的四面体, 四面相互平行, 外形易于装夹。

(3) 加工内容及要求 该工件主要由平面和孔系组成。按照工件的形状特点, 该工件的主要加工内容分为平面加工和孔加工两部分。

1) 平面加工。

① 铣工件上表面 $160\text{mm} \times 160\text{mm} \times 15\text{mm}$, 其表面粗糙度为 $Ra6.3\mu\text{m}$ 。

② 铣工件底面 $160\text{mm} \times 160\text{mm} \times 15\text{mm}$, 其表面粗糙度为 $Ra6.3\mu\text{m}$ 。

2) 孔加工

① 一个通孔 $\phi 60\text{H}7$, 表面粗糙度为 $Ra0.8\mu\text{m}$ 。

② 四个通孔 $\phi 12\text{H}8$, 表面粗糙度为 $Ra0.8\mu\text{m}$ 。

③ 四个沉孔 $\phi 16\text{mm}$, 深 5mm , 表面粗糙度为 $Ra12.5\mu\text{m}$ 。

④ 四个螺纹孔 $\text{M}16 - \text{H}7$, 保证位置精度。

2. 工艺分析

(1) 确定工艺基准 加工该工件, 选择底面为装夹定位基准。

(2) 难点分析 该盖板材料为铸铁, 毛坯为铸件, 盖板的四个侧面为不加工表面, 全部加工表面都集中在 A 、 B 面上。孔最高精度为 $\text{IT}7$ 级。从工序集中和便于定位两个方面考虑, 选择 B 面及位于 B 面上的全部孔在加工中心上加工, 将 A 面作为主要定位基准, 并在前道工序中先加工好。

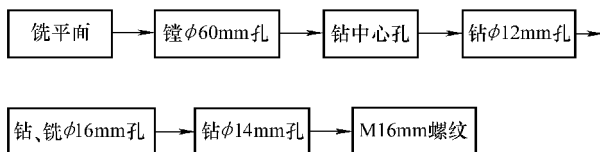
B 平面用铣削方法加工, 因其表面粗糙度为 $Ra6.3\mu\text{m}$, 故采用粗铣→精铣方案; $\phi 60\text{H}7$ 孔为已铸出毛坯孔, 为达到 $\text{IT}7$ 级精度和 $Ra0.8\mu\text{m}$ 的表面粗糙度, 需经三次镗削, 即采用粗镗→半精镗→精镗方案; 对 $\phi 12\text{H}8$ 孔, 为防止钻偏和达到 $\text{IT}8$ 级精度, 按钻中心孔→钻孔→扩孔→铰孔方案进行; $\phi 16\text{mm}$ 孔在 $\phi 12\text{mm}$ 孔基础上铣至尺寸即可, $\text{M}16\text{mm}$ 螺纹孔采用先钻底孔后攻螺纹的加工方法, 即按钻中心孔→钻底孔→倒角→攻螺纹方案加工。

(3) 工艺方案 通过对图样及加工难点的分析, 该工件可以分两道工序完成:

工序一: 以工件底面和侧面找正定位夹紧, 加工工件上表面, 并镗 $\phi 60\text{H}7$, 钻、铰 $\phi 12\text{H}8$, 铣 $\phi 16\text{mm}$, 攻 $\text{M}16 - \text{H}7$, 保证其与四周的对称度。

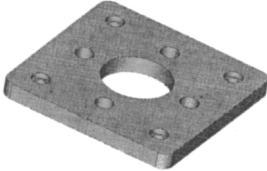
工序二: 以顶面和两侧面为找正定位基准并装夹工件, 加工底面。

具体的加工路线如下:

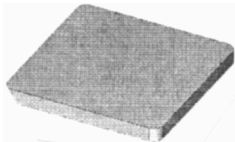
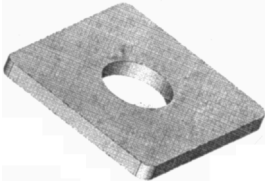
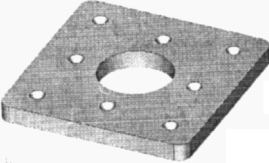
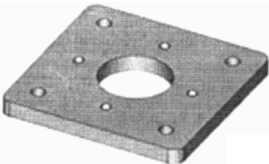


四、程序编制（见表 12-4）

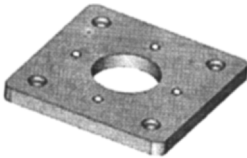
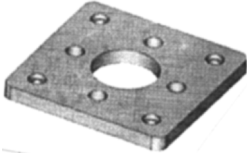
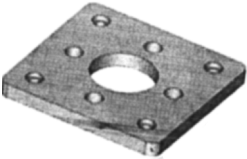
表 12-4 参考程序

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
1	铣平面		<pre>O0081; G90 G94 GG40 G21 G17 G54; G91 G28 Z0.0; T01 M06; G90 G00 X-135.0 Y45.0; G43 Z30.0 H01; M03 S350; M98 P0082; G00 G49 Z100.0 M05; G91 G28 Z0.0; T02 M06; G90 G00 X0 Y0; G43 Z30.0 H02; M03 S400; M98 P0083; G00 G49 Z100.0 M05; G91 G28 Z0.0; T04 M06; G90 G00 G43 Z30.0 H04; X-230.0 Y0; M03 S1000; M98 P0084; G00 G49 Z100.0 M05; G91 G28 Z0.0; T05 M06; G90 G00 G43 Z30.0 H05; X-230.0 Y0; M03 S600; M98 P0085; G00 G49 Z100.0 M05; G91 G28 Z0.0; T06 M06; M98 P0086; G00 G49 Z100.0 M05; G91 G28 Z0.0; T07 M06; M98 P0087; G00 G49 Z100.0 M05; G91 G28 Z0.0; T08 M06; M98 P0088; M05; M30;</pre>	盖板零件加工主程序。以工件上表面几何中心为编程零点 1 号刀具为 $\phi 100\text{mm}$ 面铣刀，2 号刀具为 $\phi 59.5\text{mm}$ 镗刀，3 号刀具为 $\phi 60\text{mm}$ 镗刀，4 号刀具为 $\phi 3\text{mm}$ 中心钻，5 号刀具为 $\phi 12\text{mm}$ 钻头，6 号刀具为 $\phi 16\text{mm}$ 铣刀，7 号刀具为 $\phi 14\text{mm}$ 钻头，8 号刀具为 M16 机用丝锥

(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
1	铣平面		O0082; Z0; G01 X75.0 F50; Y-45.0; X-135.0; G00 X-230.0 Y0; M99;	铣平面加工子程序。 保证厚度尺寸 15mm, 以及表面粗糙度 $Ra6.3\mu m$
2	镗 $\phi 60mm$ 孔		O0083; G98 G81 Z-20.0 R5.0 F60; G00 G49 Z100 M05; G91 G28 Z0.0; T03 M06; G90 G43 Z30.0 H03; M03 S450; G98 G76 Z-20.0 R5.0 Q0.2 P200 F40; G80 G00 G49 Z100.0 M05; M99;	镗 $\phi 60mm$ 孔加工子程序。保证尺寸 $\phi 60H7$, 以及表面粗糙度 $Ra0.8\mu m$
3	钻中心孔		O0084; G99 G81 X-50.0 Z-5.0 R3.0 F50; X-56.569 Y56.569; X0 Y50.0; X56.569 Y56.569; X50.0 Y0; X56.569 Y-56.569; X0 Y-50.0; X-56.569 Y-56.569; G80; M99;	中心钻定位子程序。 保证位置尺寸 $\phi 100mm$, $\phi 160mm$
4	钻 $\phi 12mm$ 孔		O0085; G99 G81 X-56.569 Y56.569 Z-20.0 R3.0 F60; X56.569 Y56.569; Y-56.569; X-56.569; G80; M99;	钻 $\phi 12mm$ 孔加工子程序

(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
5	钻、铰 φ16mm 孔		O0086; G90 G00 G43 Z30.0 H06; Z-230.0 Y0; M03 S300; G99 G81 X-56.569 Y56.569 Z- 5.0 R3.0 P500 F30; X56.569 Y56.569; Y-56.569; X-56.569; G80; M99;	铰 φ16mm 孔子程序, 保证深度尺寸 5mm, 表 面粗糙度 Ra12.5μm, 孔 径 φ16mm
6	钻 φ14mm 孔		O0087; G90 G00 G43 Z30.0 H07; Z-230.0 Y0; M03 S450; G99 G81 X-50.0 Z-2.0 R3.0 F60; X0 Y50.0; X50.0 Y0; X0 Y-50.0; G80; M99;	钻 φ14mm 孔子程 序, 为加工 M16 螺纹 做准备
7	攻 M16 螺纹		O0088; G90 G00 G43 Z30.0 H08; Z-230.0 Y0; M03 S100; G99 G84 X-50.0 Y0 Z-20.0 R5.0 F200; X0 Y50.0; X50.0 Y0; X0 Y-50.0; G80; M99;	攻 M16 螺纹孔子程 序, 保证尺寸 M16-H7

五、样例小结

本例中的工件要按照先面后孔的原则进行加工。工件四个侧面较光整，上加工面与下加工面之间的位置精度要求不高，故可选用机用虎钳，以盖板底面 A（底面 A 需用垫块使其悬高）和两个侧面定位，用机用虎钳钳口从侧面夹紧。

职业技能鉴定样例 13

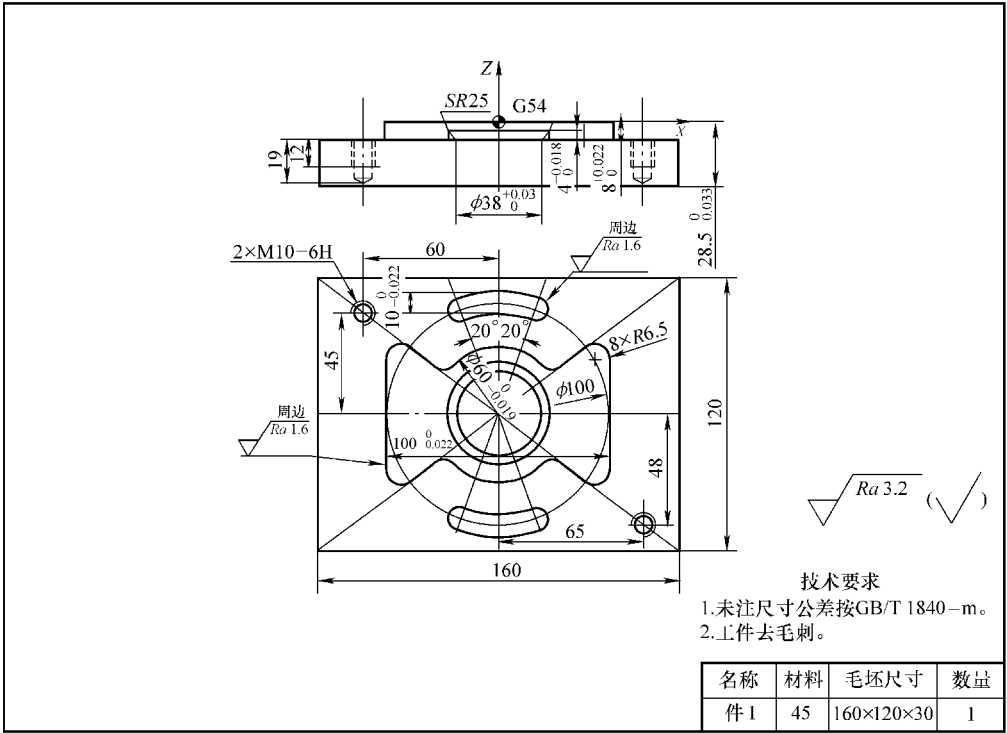
考核目标

- 1) 掌握子程序的应用方法。
- 2) 掌握配合件的加工方法。
- 3) 能编制数控程序进行复杂工件的加工。

一、考核要求

1. 总体要求

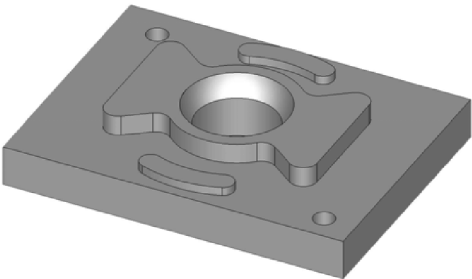
加工图 13-1 所示工件，试分析其加工工艺，并编写数控加工程序。本题分值为 100 分，考核时间为 240min。



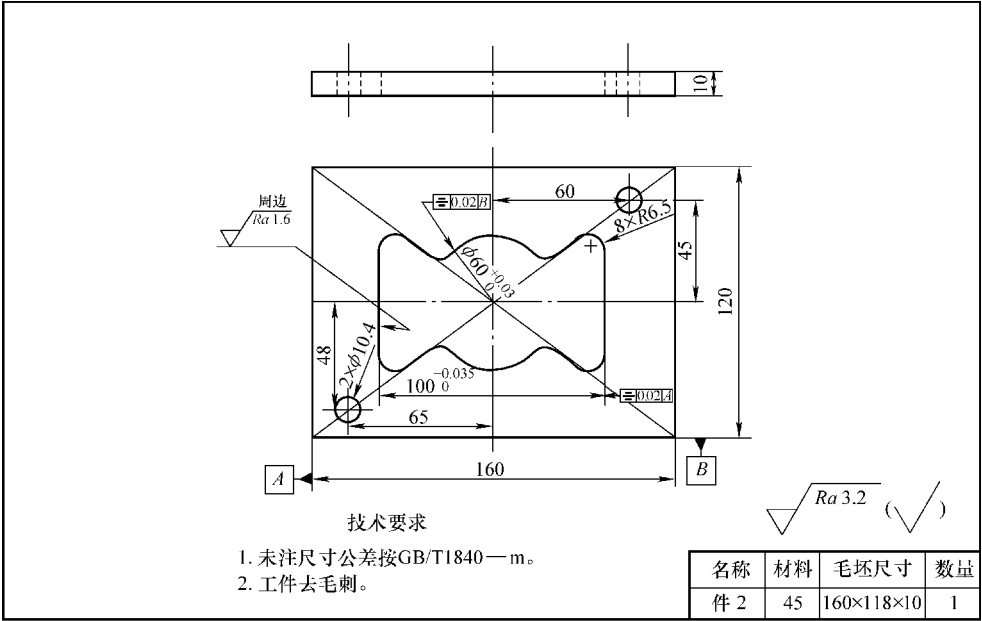
a)

图 13-1 工件 13

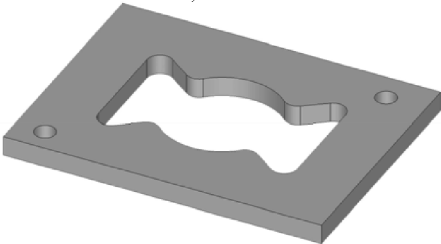
a) 件 1 零件图



b)



c)



d)

图 13-1 工件 13 (续)
b) 件 1 实体图 c) 件 2 零件图 d) 件 2 实体图

2. 配分及评分标准

- 1) 操作技能考核总成绩见表 1-1。
- 2) 现场操作规范评分见表 1-2。
- 3) 工件质量评分见表 13-1。

表 13-1 工件质量评分表

序号	考核内容	考核要点	配分	评分标准	得分
1	件 1	$28.5 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.033 \end{smallmatrix} \text{mm}$	3	超差 0.01mm 扣 2 分	
2		$10 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.022 \end{smallmatrix} \text{mm}$	3	超差 0.01mm 扣 2 分	
3		$4 \begin{smallmatrix} +0.018 \\ 0 \end{smallmatrix} \text{mm}$	3	超差 0.01mm 扣 2 分	
4		$\phi 100 \text{mm}$	4	超差不得分	
5		20°	3	超差不得分	
6		$SR25 \text{mm}$	3	超差不得分	
7		$2 \times 8 \begin{smallmatrix} +0.022 \\ 0 \end{smallmatrix} \text{mm}$	6	超差 0.01mm 扣 2 分	
8		$\phi 38 \begin{smallmatrix} +0.03 \\ 0 \end{smallmatrix} \text{mm}$	6	超差 0.01mm 扣 1 分	
9		$2 \times M10 - 6H$	8	超差一处扣 4 分	
10		$8 \times R6.5 \text{mm}$	16	超差一处扣 2 分	
11		$\phi 60 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.019 \end{smallmatrix} \text{mm}$	4	超差 0.01mm 扣 2 分	
12		$100 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.022 \end{smallmatrix} \text{mm}$	4	超差 0.01mm 扣 2 分	
13	件 2	$8 \times R6.5 \text{mm}$	8	超差一处扣 1 分	
14		$100 \begin{smallmatrix} +0.035 \\ 0 \end{smallmatrix} \text{mm}$	3	超差 0.01mm 扣 2 分	
15		$2 \times \phi 10.4 \text{mm}$	2	超差一处扣 1 分	
16	表面粗糙度和几何公差	$Ra1.6 \mu\text{m}$	2	超差一处扣 2 分, 不倒扣	
17		$\begin{smallmatrix} \text{---} \\ \text{---} \end{smallmatrix} \begin{smallmatrix} 0.02 \\ 0.02 \end{smallmatrix} \begin{smallmatrix} B \\ A \end{smallmatrix}$	2	超差一处扣 2 分, 不倒扣	
18		配合间隙单边 $\leq 0.03 \text{mm}$	4	超差不得分	
19	程序编制	指令正确, 程序完整	2	不合理每处扣 1 分	
		数值计算正确, 计算简化, 有一定技巧	2	不合理每处扣 1 分	
		刀具补偿功能运用正确、合理	2	不合理每处扣 1 分	
		切削参数、坐标系选择正确	2	不合理每处扣 1 分	
20	加工工艺	工件定位、夹紧及刀具选择合理	2	不合理每处扣 2 分	
		加工顺序及刀具轨迹路线合理	2		

(续)

序号	考核内容	考核要点	配分	评分标准	得分
21	其他项目	工件完整、局部无缺陷	2	出现一处不得分	
		工件按时完成	2	超时不得分	
合 计					

二、加工准备

(1) 设备、材料准备（见表 13-2）

表 13-2 设备、材料准备

序号	名 称	规 格	单位	数量	备注
1	加工中心	400mm×800mm	台	1	
2	毛 坯	160mm×120mm×30mm	件	1	45 钢
3	毛 坯	160mm×118mm×10mm	件	1	45 钢

(2) 工、量、刃具准备（见表 13-3）

表 13-3 工、量、刃具准备 (单位：mm)

序号	名 称	规 格	数量	备注
1	游标卡尺	0.02/0~200	1	
2	游标万能角度尺	2′/0°~320°	1	
3	千分尺	75~100、100~125	各 1	
4	百分表	0.01/0~10	1	
5	磁性表座		1	
6	内径量表	0.01/35~50	1	
7	内径千分尺	0.01/25~50	1	
8	机用丝锥	M10	1	
9	游标深度卡尺	0.02/0~100	1	
10	深度千分尺	0.01/0~25	1	
11	半径样板	R1~R6.5	各 1	
12	塞尺	0.02~1	1 副	
13	钻头	中心钻 φ3.5、φ8.5、φ10.4	各 1	
14	立铣刀	φ12、φ16	各 1	
15	可转位面铣刀	φ80	1	
16	精镗刀头	φ18~φ35	各 1	
17	刀柄、夹头	以上刀具相关刀柄、钻夹头、弹簧夹	若干	
18	夹具	精密平口钳及垫铁	1	
19	其他	常用数控铣床辅具	若干	



三、零件加工要求分析

1. 图样分析

(1) 工件类型 该工件属于配合类工件, 主要加工平面、平面上的曲线、曲面及孔系。

(2) 工件材料及毛坯 该工件的材质为 45 钢。毛坯外形分别为 $160\text{mm} \times 120\text{mm} \times 30\text{mm}$ 和 $160\text{mm} \times 118\text{mm} \times 10\text{mm}$ 的四面体, 四面相互平行, 外形易于装夹。

(3) 加工内容及要求 该工件主要由平面、圆弧表面、曲线轮廓、孔系组成。按照工件的形状特点, 该工件 1 和 2 的主要加工内容分为轮廓加工、孔加工两部分。

工件 1:

1) 轮廓加工。

① 不规则曲线轮廓, 高度为 $8^{+0.022}_0 \text{mm}$, 轮廓尺寸为 $R6.5\text{mm}$, $\phi 60^{+0.019}_0 \text{mm}$, $100^{+0.022}_0 \text{mm}$, 曲线外轮廓周边的表面粗糙度为 $Ra1.6\mu\text{m}$, 其余均为 $Ra3.2\mu\text{m}$ 。

② 不规则曲线轮廓, 高度为 4mm , 轮廓尺寸为 $SR25\text{mm}$, 表面粗糙度为 $Ra3.2\mu\text{m}$ 。

③ 两个圆弧键, 保证尺寸 $10^{+0.022}_0 \text{mm}$, 20° , 表面粗糙度为 $Ra1.6\mu\text{m}$ 。

2) 孔加工。

① 一个通孔 $\phi 38^{+0.03}_0 \text{mm}$, 表面粗糙度为 $Ra1.6\mu\text{m}$ 。

② 两个螺纹孔 $M10-6H$, 保证位置精度。

工件 2:

1) 轮廓加工。不规则曲线内轮廓, 高度为 10mm , 轮廓尺寸为 $R6.5\text{mm}$, $\phi 60^{+0.030}_0 \text{mm}$, $100^{+0.035}_0 \text{mm}$, 曲线外轮廓周边的表面粗糙度为 $Ra1.6\mu\text{m}$, 其余均为 $Ra3.2\mu\text{m}$ 。

2) 孔加工。两个通孔 $\phi 10.4\text{mm}$, 表面粗糙度为 $Ra3.2\mu\text{m}$ 。

2. 工艺分析

(1) 确定工艺基准 加工该工件, 选择底面为装夹定位基准。

(2) 难点分析 此工件为配合件, 两工件配合间隙为 0.06mm 。根据图样要求, 可先加工内轮廓, 即先加工工件 2, 完工后再加工工件 1, 图样中可以看到轮廓的周边曲线圆弧和表面粗糙度要求都较高, 零件采用平口钳装夹。将工件坐标系 G54 建立在工件上表面零件的对称中心处。

(3) 工艺方案 通过对图样及加工难点的分析, 该工件的工序为:

件 2 的加工工序为:

1) 钻孔 $2 \times \phi 10.4\text{mm}$, 包括中心工艺孔, 选用 $\phi 10.4\text{mm}$ 钻头。

2) 粗铣内轮廓, 落料。再精铣内轮廓。选用 $\phi 12\text{mm}$ 立铣刀。

件 1 的加工工序为:

- 1) 铣大平面，保证尺寸 28.5mm，选用 $\phi 80\text{mm}$ 可转位面铣刀。
- 2) 铣两个腰型顶面，保证尺寸 24.5mm，选用 $\phi 80\text{mm}$ 可转位面铣刀。
- 3) 铣外轮廓外形面周边，选用 $\phi 12\text{mm}$ 立铣刀。
- 4) 铣两个腰型凸台周边，选用 $\phi 12\text{mm}$ 立铣刀。
- 5) 铣边角料，选用 $\phi 16\text{mm}$ 立铣刀。
- 6) 钻孔 $\phi 8.5\text{mm}$ ，选用 $\phi 8.5\text{mm}$ 钻头。
- 7) 钻孔 $\phi 32\text{mm}$ ，选用 $\phi 32\text{mm}$ 钻头。
- 8) 铣孔 $\phi 37.6\text{mm}$ ，选用 $\phi 16\text{mm}$ 立铣刀。
- 9) 镗孔 $\phi 38\text{mm}$ ，选用 $\phi 38\text{mm}$ 精镗刀。
- 10) 铣凹圆球面，选用 $\phi 16\text{mm}$ 立铣刀。
- 11) 钻两螺纹底孔 $\phi 8.5\text{mm}$ ，选用 $\phi 8.5\text{mm}$ 钻头。
- 12) 攻螺纹 M10，选用 M10 机用丝锥。

具体的加工路线如下：



四、程序编制（见表 13-4）

表 13-4 参考程序

序号	操作项目	程序	操作内容及注意事项
1	加工件 1 凸台	<pre>O0091; G90 G94 GG40 G21 G17 G54; G91 G28 Z0.0; T01 M06; M98 P0092; G91 G28 Z0.0; T02 M06; M98 P0093; G91 G28 Z0.0; T03 M06; M98 P0094; G91 G28 Z0.0; T05 M06; M98 P0095; G91 G28 Z0.0; T01 M06; M98 P0096; G91 G28 Z0.0; M05; M30;</pre>	件 1 加工主程序。以上表面几何中心为编程零点 1 号刀具为 $\phi 16\text{mm}$ 立铣刀。2 号刀具为 $\phi 12\text{mm}$ 立铣刀。3 号刀具为 $\phi 8.5\text{mm}$ 钻头。4 号刀具为 M10 丝锥。5 号刀具为 $\phi 38\text{mm}$ 镗刀，6 号刀具为 $\phi 10.4\text{mm}$ 钻头

(续)

序号	操作项目	程序	操作内容及注意事项
1	加工件 1 凸台	<pre> O0092; G90 G43 G00 Z50.0 H01; M03 S600; M08; G00 X78.0 Y0.0; Z1.0; G01 Z-8.0 F100; X80.0; Y-60.0; X22.259; G03 X20.235 Y-33.34 R14.0; X24.958 Y-29.968 R39.0; G01 X34.2 Y-36.9; G03 X59.0 Y-24.5 R15.5; G01 Y24.5; G03 X34.2 Y36.9 R15.5; G01 X24.958 Y29.968; G03 X20.235 Y33.34 R39.0; X22.259 Y60.0 R14.0; G01 X80.0; Y0.0; X78.0; X70.4; Y-50.4; X40.453; G03 X40.574 Y-49.429 R23.6; X68.6 Y-24.5 R25.1; G01 Y24.5; G03 X40.574 Y49.429 R25.1; X40.453 Y50.4 R23.6; G01 X70.4; Y0.0; G00 Z50.0; X-78.0; Z1.0; G01 Z-8.0; X-80.0; Y60.0; X-22.259; G03 X-20.235 Y33.34 R14.0; </pre>	去余量粗加工外轮廓子程序, 为精加工留 1mm 余量, 用 1 号刀具, 1 号补偿

(续)

序号	操作项目	程序	操作内容及注意事项
1	加工件 1 凸台	<pre> X-24.958 Y29.968 R39.0; G01 X-34.2 Y36.9; G03 X-59.0 Y24.5 R15.5; G01 Y-24.5; G03 X-34.2 Y-36.9 R15.5; G01 X-24.958 Y-29.968; G03 X-20.235 Y-33.34 R39.0; X-22.259 Y-60.0 R14.0; G01 X-80.0; Y0.0; X-78.0; X-70.4; Y50.4; X-40.453; G03 X-40.574 Y49.429 R23.6; X-68.6 Y24.5 R25.1; G01 Y-24.5; G03 X-40.574 Y-49.429 R25.1; X-40.453 Y-50.4 R23.6; G01 X-70.4; Y0.0; G49 G00 Z50.0; M09; M99; </pre>	去余量粗加工外轮廓子程序, 为精加工留 1mm 余量, 用 1 号刀具, 1 号补偿
2	精加工件 1 外轮廓	<pre> O0093; G90 G43 G00 Z50.0 H02; M03 S600; M08; G00 X-23.679 Y-44.590; Z1.0; G01 Z-8.0 F100; G42 X-21.799 Y-45.275 D02; G03 X-18.811 Y-51.683 R5.0; X18.811 R55.0; X15.391 Y-42.286 R5.0; G02 X-15.391 R45.0; G03 X-21.799 Y-45.275 R5.0; </pre>	精加工外轮廓子程序, 保证尺寸 $100 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.022 \end{smallmatrix} \text{mm}, \phi 60 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.019 \end{smallmatrix} \text{mm}, R6.5 \text{mm},$ $10 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.022 \end{smallmatrix} \text{mm}, 20^\circ$ 用 2 号刀具, 2 号刀补

(续)

序号	操作项目	程序	操作内容及注意事项
2	精加工件1外轮廓	G40 G01 X-23.679 Y-44.590; G00 Z50.0; X-47.301 Y32.103; Z1.0; G01 Z-8.0F100; G42 G01 X-46.407 Y30.314 D02; G03 X-50.0 Y24.5 R6.5; G01 Y-24.5; G03 X-39.6 Y-29.7 R6.5; G01 X-28.733 Y-21.55; G02 X-20.411 Y-21.986 R6.5; G03 X20.411 R30.0; G02 X28.733 Y-21.55 R6.5; G01 X39.6 Y-29.7; G03 X50.0 Y-24.5 R6.5; G01 Y24.5; G03 X39.6 Y29.7 R6.5; G01 X28.733 Y21.55; G02 X20.411 Y21.986 R6.5; G03 X-20.411 R30.0; G02 X-28.733 Y21.55 R6.5; G01 X-39.6 Y29.7; G03 X-46.407 Y30.314 R6.5; G40 G01 X-47.301 Y32.103; G00 Z50.0; M09; M05; M30;	精加工外轮廓子程序, 保证尺寸 $100 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.022 \end{smallmatrix} \text{ mm}$, $\phi 60 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.019 \end{smallmatrix} \text{ mm}$, $R6.5 \text{ mm}$, $10 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.022 \end{smallmatrix} \text{ mm}$, 20° 用2号刀具, 2号刀补
3	钻、攻件1 M10-6H 螺纹	O0094; G90 G43 G00 Z50.0 H03; M03 S1000; M08; G83 X-60.0 Y45.0 Z-19.0 R5.0 Q5.0 F100; X65.0 Y-48.0; G80; G91 G28 Z0.0;	M10-6H 螺纹加工子程序。 在加工螺纹之前先用3号刀具钻孔。然后再用4号刀具攻螺纹, 保证尺寸 60mm, 54mm, 48mm, 65mm

(续)

序号	操作项目	程序	操作内容及注意事项
3	钻、攻件 1 M10-6H 螺纹	T04 M06; G90 G43 G00 Z50.0 H04; M03 S100; G84 X-60.0 Y45.0 Z-19.0 R5.0 P1000 F40; X65.0 Y-48.0; M09; M99;	M10-6H 螺纹加工子程序。 在加工螺纹之前先用 3 号刀具钻孔。然后再用 4 号刀具攻螺纹, 保证尺寸 60mm, 54mm, 48mm, 65mm
4	镗件 1 $\phi 38$ mm 孔	O0095; G90 G43 G00 Z50.0 H03; M03 S900; M08; G85 X0.0 Y0.0 Z-30.0 R5.0 F100; G80; M09; M99;	镗 $\phi 38$mm 孔子程序。 在镗孔之前先将孔加工至尺寸 $\phi 37.5$ mm。然后用 $\phi 38$ mm 镗刀镗孔。保证尺寸 $\phi 38^{+0.03}_0$ mm 用 5 号刀具, 5 号刀补
5	加工 球面 圆角	O0096; G90 G43 G00 Z50.0 H03; M03 S800; M08; G00 G55 X0 Y0; G43 G00 Z-7.0 H01; #100 = -8.248; #101 = -16.248; WHILE [#100GE#101] DO 1; #102 = SQRT [25 * 25 - #100 * #100]; #103 = #102 - 8.0; G01 X [#103] F1000; Z [#100] F100; G17 G02 I [-#103] F1500; #100 = #100 - 0.03; END 1; M09; M99;	球面圆角加工子程序。 保证尺寸 SR25mm 建立工件坐标系 G55 用 1 号刀具, 1 号刀补

(续)

序号	操作项目	程序	操作内容及注意事项
6	加工件 2 内轮廓	O0097; G90 G94 GG40 G21 G17 G54; G91 G28 Z0.0; T02 M06; M98 P0098; G91 G28 Z0.0; T06 M06; M98 P0099; M30;	件 2 加工主程序
		O0098; G90 G43 G00 Z50.0 H02; M03 S800; M08; G00 X-42.0 Y0.0; G01 Z-10.0 F100; G41 G01 X-50.0 D02; Y-24.5; G03 X-39.6 Y-29.7 R6.5; G01 X-28.733 Y-21.55; G02 X-20.411 Y-21.986 R6.5; G03 X20.411 R30.0; G02 X28.733 Y-21.55 R6.5; G01 X39.6 Y-29.7; G03 X50.0 Y-24.5 R6.5; G01 Y24.5; G03 X39.6 Y29.7 R6.5; G01 X28.733 Y21.55; G02 X20.411 Y21.986 R6.5; G03 X-20.411 R30.0; G02 X-28.733 Y21.55 R6.5; G01 X-39.6 Y29.7; G03 X-50.0 Y24.5 R6.5; G01 Y0.0; G40 G01 X-42.0; G00 Z50.0; M09; M99;	件 2 内轮廓加工子程序, 保证尺寸 $100 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.022 \end{smallmatrix} \text{mm}, \phi 60 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.019 \end{smallmatrix} \text{mm}, R6.5 \text{mm}$ 用 2 号刀具, 2 号刀补

(续)

序号	操作项目	程序	操作内容及注意事项
7	钻件 2 孔	<pre>O0099; G90 G43 G00 Z50.0 H02; M03 S800; M08; G83 X - 65.0 Y - 65.0 Z - 52.0 R5.0 Q5.0 F100; G80; M09; M99;</pre>	件 2 钻孔子程序，保证尺寸 60mm，54mm，48mm，65mm 用 6 号刀具，6 号刀补

五、样例小结

本例应用了可编程镜像，在指定平面内执行镜像指令时，如果程序中有圆弧指令，则圆弧的旋转方向相反，即 G02 变成 G03。另外 CNC 数据处理的顺序是从程序镜像到比例缩放再到坐标系旋转，所以在指定这些指令时，应按顺序指定，取消时按相反顺序。在旋转方式或比例缩放方式不能指定镜像指令 G50.1 或 G51.1，但在镜像指令中可以指定比例缩放指令或坐标系旋转指令。

职业技能鉴定样例 14

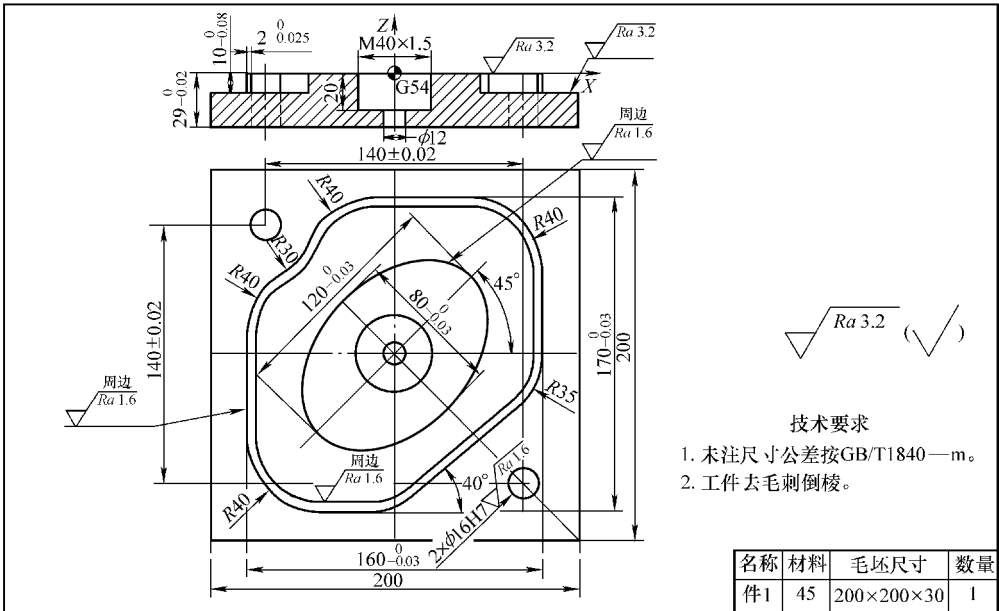
考核目标

- 1) 掌握子程序的应用方法。
- 2) 掌握配合件的加工方法。
- 3) 能编制数控程序进行复杂工件的加工。

一、考核要求

1. 总体要求

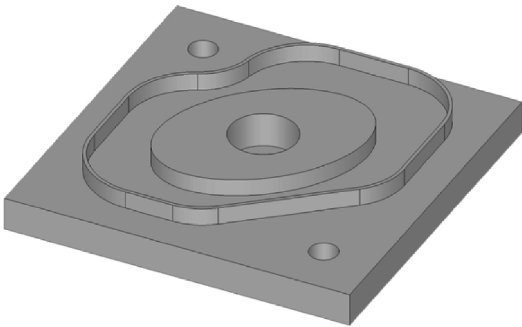
加工图 14-1 所示工件，试分析其加工工艺，并编写数控加工程序。本题分值为 100 分，考核时间为 240min。



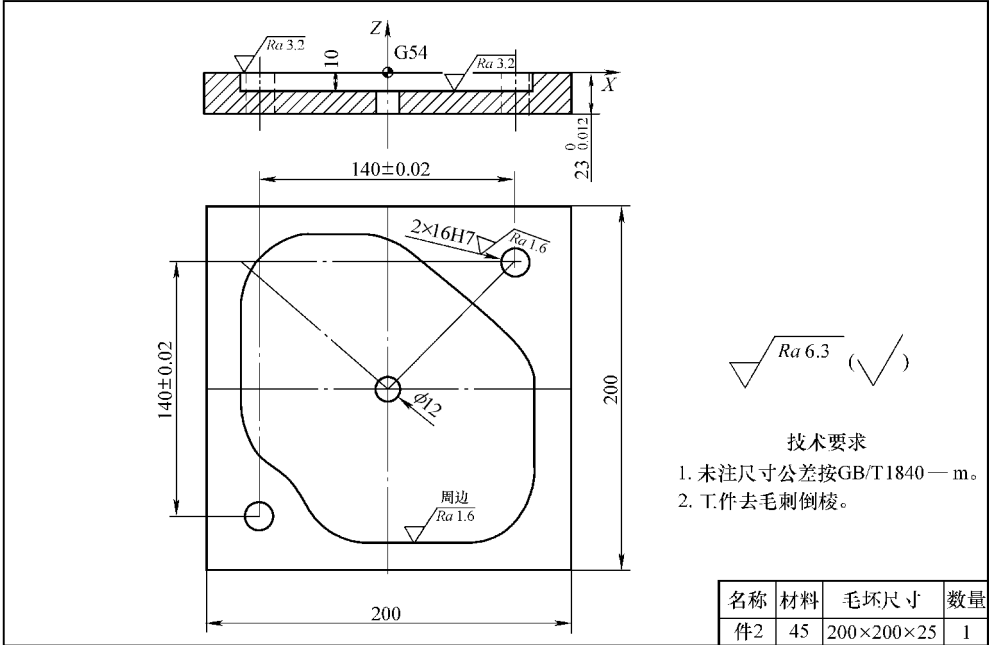
a)

图 14-1 工件 14

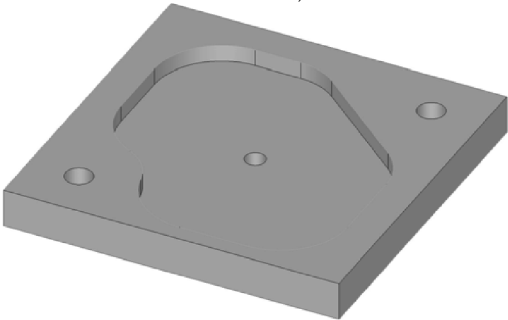
a) 件 1 零件图



b)



c)



d)

图 14-1 工件 14 (续)

b) 件 1 实体图 c) 件 2 零件图 d) 件 2 实体图

2. 配分及评分标准

- 1) 操作技能考核总成绩见表 1-1。
- 2) 现场操作规范评分见表 1-2。
- 3) 工件质量评分见表 14-1。

表 14-1 工件质量评分表

序号	考核内容	考核要点	配分	评分标准	得分
1	件 1	$29_{-0.12}^0\text{mm}$	4	超差 0.01mm 扣 2 分	
2		$2\times 10_{-0.08}^0\text{mm}$	8	超差一处扣 2 分	
3		$120_{-0.03}^0\text{mm}$	4	超差 0.01mm 扣 2 分	
4		$80_{-0.03}^0\text{mm}$	4	超差 0.01mm 扣 2 分	
5		$2\times \phi 16\text{H}7$	8	超差一处扣 4 分	
6		$R40\text{mm}$	6	超差不得分	
7		$R35\text{mm}$	6	超差不得分	
8		$170_{-0.03}^0\text{mm}$	6	超差 0.01mm 扣 3 分	
9		$M40\times 1.5\text{mm}$	8	超差不得分	
10		$160_{-0.03}^0\text{mm}$	4	超差 0.01mm 扣 2 分	
11		$2_{-0.025}^0\text{mm}$	3	超差 0.01mm 扣 2 分	
12	件 2	$23_{-0.12}^0\text{mm}$	2	超差不得分	
13		$2\times \phi 16\text{H}7$	8	超差一处扣 4 分	
14	表面粗糙度 和几何公差	$Ra1.6\mu\text{m}$	2	超差一处扣 2 分，不倒扣	
15		圆柱销配合	6	超差不得分	
16		配合间隙单边 $\leq 0.03\text{mm}$	5	超差不得分	
17	程序编制	指令正确，程序完整	2	不合理每处扣 1 分	
		数值计算正确，计算简化， 有一定技巧	2	不合理每处扣 1 分	
		刀具补偿功能运用正确、 合理	2	不合理每处扣 1 分	
		切削参数、坐标系选择正确	2	不合理每处扣 1 分	
18	加工工艺	工件定位、夹紧及刀具选择 合理	2	不合理每处扣 2 分	
		加工顺序及刀具轨迹路线 合理	2		
19	其他项目	工件完整、局部无缺陷	2	出现一处不得分	
		工件按时完成	2	超时不得分	
合 计					

二、加工准备

(1) 设备、材料准备（见表 14-2）

表 14-2 设备、材料准备

序号	名 称	规 格	单位	数量	备注
1	加工中心	400mm×800mm	台	1	
2	毛 坯	200mm×200mm×30mm	件	1	45 钢
3	毛 坯	200mm×200mm×25mm	件	1	45 钢

(2) 工、量、刃具准备（见表 14-3）

表 14-3 工、量、刃具准备 (单位：mm)

序号	名 称	规 格	数量	备注
1	游标卡尺	0.02/0~200	1	
2	游标万能角度尺	2°/0°~320°	1	
3	千分尺	0~25、25~50、50~75、75~100、100~125	各 1	
4	百分表	0.01/0~10	1	
5	磁性表座		1	
6	内径量表	0.01/10~18	1	
7	内径千分尺	0.01/25~50	1	
8	内螺纹车刀	M40×1.5	1	
9	游标深度卡尺	0.02/0~100	1	
10	深度千分尺	0.01/0~25	1	
11	半径样板	R25~R50	各 1	
12	塞尺	0.02~1	1 副	
13	钻头	中心钻、φ12、φ15.8、φ32	各 1	
14	机用铰刀	φ16H7	1	
15	立铣刀	φ16、φ18、φ32	各 1	
16	可转位面铣刀	φ80	1	
17	刀柄、夹头	以上刀具相关刀柄、钻夹头、弹簧夹	若干	
18	夹具	精密平口钳及垫铁	1	
19	其他	常用数控铣床辅具	若干	

三、零件加工要求分析

1. 图样分析

(1) 工件类型 该工件属于配合类工件，主要加工平面、平面上的曲线、曲

面及孔系。

(2) 工件材料及毛坯 该工件的材质为 45 钢。毛坯外形分别为 $200\text{mm} \times 200\text{mm} \times 30\text{mm}$ 和 $200\text{mm} \times 200\text{mm} \times 25\text{mm}$ 的四面体, 四面相互平行, 外形易于装夹。

(3) 加工内容及要求 该工件主要由平面、圆弧表面、曲线轮廓、孔系组成。按照工件 1 和 2 的形状特点, 该工件的主要加工内容分为轮廓加工和孔加工两部分。

工件 1:

1) 轮廓加工。

① 不规则薄壁轮廓, 高度为 $10_{-0.08}^0\text{mm}$, 轮廓尺寸为 $170_{-0.03}^0\text{mm}$, $160_{-0.03}^0\text{mm}$, $R35\text{mm}$, $R30\text{mm}$, $R40\text{mm}$, 40° , 曲线外轮廓周边的表面粗糙度为 $Ra1.6\mu\text{m}$, 其余均为 $Ra6.3\mu\text{m}$ 。

② 椭圆曲线轮廓, 高度为 $10_{-0.08}^0\text{mm}$, 保证尺寸 $120_{-0.03}^0\text{mm}$, $80_{-0.03}^0\text{mm}$, 45° , 周边表面粗糙度为 $Ra1.6\mu\text{m}$, 其余均为 $Ra6.3\mu\text{m}$ 。

2) 孔加工。

① 一个螺纹孔 $M40 \times 1.5\text{mm}$, 保证精度要求。

② 一个通孔 $\phi 12\text{mm}$, 表面粗糙度为 $Ra6.3\mu\text{m}$ 。

③ 两个通孔 $\phi 16H7$, 表面粗糙度为 $Ra1.6\mu\text{m}$ 。

工件 2:

1) 轮廓加工。不规则内轮廓, 深度为 10mm , 轮廓尺寸保证与件 1 薄壁轮廓配合。曲线内轮廓周边的表面粗糙度为 $Ra1.6\mu\text{m}$, 其余均为 $Ra3.2\mu\text{m}$ 。

2) 孔加工。

① 一个通孔 $\phi 12\text{mm}$, 表面粗糙度为 $Ra6.3\mu\text{m}$ 。

② 两个通孔 $\phi 16H7$, 表面粗糙度为 $Ra1.6\mu\text{m}$ 。

2. 工艺分析

(1) 确定工艺基准 加工该工件, 选择底面为装夹定位基准。

(2) 难点分析 此工件为配合件, 件 1 和件 2 要求销孔轮廓相互配合, 配合间隙要求小于 0.06mm , 图样中可以看到轮廓的周边曲线圆弧和表面粗糙度要求都较高, 零件采用平口钳装夹。在安装工件时, 要注意工件要放在钳口中间部位。安装台虎钳时, 要对它的固定钳口进行找正, 工件被加工部分要高出钳口, 避免刀具与钳口发生干涉。安装工件时, 要注意工件上浮。先加工件 1, 然后再加工件 2。将工件坐标系 G54 建立在工件上表面的对称中心处。

(3) 工艺方案 通过对图样及加工难点的分析, 该工件的工序为:

件 1 的加工工序为:

1) 铣大平面, 保证尺寸 29mm , 选用 $\phi 80\text{mm}$ 可转位面铣刀。

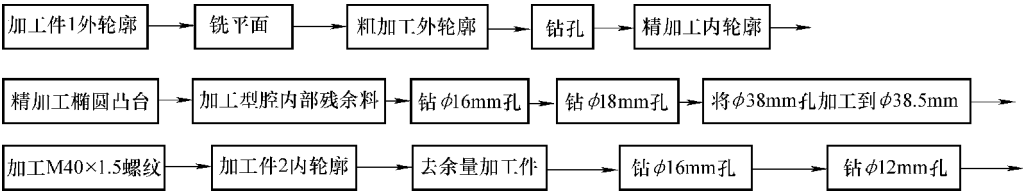
2) 粗铣轮廓外形, 选用 $\phi 80\text{mm}$ 可转位面铣刀。

- 3) 精铣外轮廓外形面周边, 选用 $\phi 16\text{mm}$ 立铣刀。
- 4) 钻 $4 \times \phi 12\text{mm}$ 孔, 两个为工艺孔, 选用 $\phi 12\text{mm}$ 钻头。
- 5) 铣内轮廓 2mm 厚度的周边, 选用 $\phi 16\text{mm}$ 立铣刀。
- 6) 铣内轮廓椭圆的周边, 选用 $\phi 16\text{mm}$ 立铣刀。
- 7) 铣边角料, 选用 $\phi 16\text{mm}$ 立铣刀。
- 8) 钻 $2 \times \phi 15.8\text{mm}$ 孔, 选用 $\phi 15.8\text{mm}$ 钻头。
- 9) 铰 $2 \times \phi 16\text{H}7$ 孔, 选用 $\phi 16\text{H}7$ 铰刀。
- 10) 钻孔 $\phi 32\text{mm}$, 选用 $\phi 32\text{mm}$ 钻头。
- 11) 铣螺纹底孔 $\phi 38.5\text{mm}$, 选用 $\phi 16\text{mm}$ 立铣刀。
- 12) 铣螺纹 $\text{M}40 \times 1.5$, 选用螺距为 1.5mm 的内螺纹车刀。

件 2 的加工工序为:

- 1) 铣大平面, 保证尺寸 23mm 。选用 $\phi 80\text{mm}$ 可转位面铣刀。
- 2) 钻孔 $3 \times \phi 12\text{mm}$ 孔, 一个为工艺孔, 选用 $\phi 12\text{mm}$ 钻头。
- 3) 铣内轮廓面周边, 选用 $\phi 16\text{mm}$ 立铣刀。
- 4) 铣内轮廓中的残料, 选用 $\phi 32\text{mm}$ 立铣刀。
- 5) 钻 $2 \times \phi 15.8\text{mm}$ 孔, 选用 $\phi 15.8\text{mm}$ 钻头。
- 6) 铰 $2 \times \phi 16\text{H}7$ 孔, 选用 $\phi 16\text{H}7$ 的铰刀。

具体的加工路线如下:

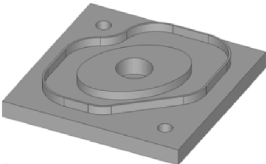


四、程序编制 (见表 14-4)

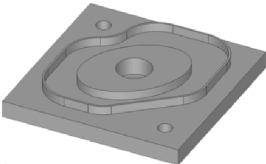
表 14-4 参考程序

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
1	加工件 1 外轮廓		O1001; G53 G90 G94 G40 G17; G53 G49 Z0; M19; T01 M06; M98 P1002; S500; M08; G00 X180.0 Y0;	件 1 加工主程序。以上表面几何中心为编程零点 1 号刀具为 $\phi 80\text{mm}$ 面铣刀, 2 号刀具为 $\phi 16\text{mm}$ 立铣刀, 3 号刀具为 $\phi 12\text{mm}$ 钻头, 4 号刀具为 $\phi 16\text{mm}$ 钻头, 5 号刀具为 $\phi 38\text{mm}$ 钻头, 6 号刀具为 $\phi 16\text{mm}$ 螺纹铣刀

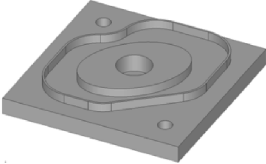
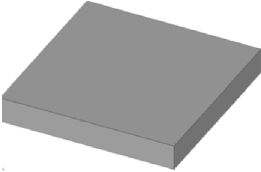
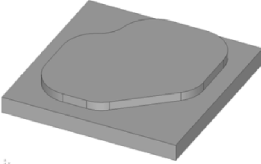
(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
1	加工件 1 外轮廓		<pre> Z-2.0; M98 P1003; G00 Z180.0 Y0; Z-4.0; M98 P1003; G00 Z180.0 Y0; Z-6.0; M98 P1003; G00 Z180.0 Y0; Z-8.0; M98 P1003; G00 Z180.0 Y0; Z-10.0; M98 P1003; G53 G00 G49 Z0; M09; M05; M19; T02 M06; S350 M03; G00 G54 X0 Y0; G00 G43 Z50.0 H02; M08; M98 P1004; G53 G0 G49 Z0; M09; M05; M19; T03 M06; S600 M03 F35; M98 P1005; M09; M05; M19; T02 M06; S350 M03; G00 G54 X0 Y0; G00 G43 Z50.0 H02; M08; G0 X63.0 Y0; Z2.0; G01 Z-4.0 F50; </pre>	件 1 加工主程序。以上表面几何中心为编程零点 1 号刀具为 $\phi 80\text{mm}$ 面铣刀, 2 号刀具为 $\phi 16\text{mm}$ 立铣刀, 3 号刀具为 $\phi 12\text{mm}$ 钻头, 4 号刀具为 $\phi 16\text{mm}$ 钻头, 5 号刀具为 $\phi 38\text{mm}$ 钻头, 6 号刀具为 $\phi 16\text{mm}$ 螺纹铣刀

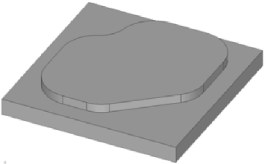
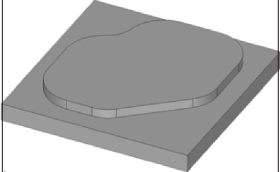
(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
1	加工件 1 外轮廓		<pre> M98 P1006; G00 Z50.0; G00 X63.0 Y0; Z2.0; G01 Z-10.0 F50; M98 P1006; G00 Z50.0; G68 X0 Y0 R45; G00 X90.0 Y0; Z2.0; G01 Z-5.0 F200; M98 P1007; G0 X90.0 Y0; Z2.0; G01 Z-10.0 F200; M98 P1007; G00 Z50.0; G69; G00 X65.0 Y0; Z2.0; G01 Z-5.0 F200; M98 P1008; G00 X65.0 Y0; Z2.0; G01 Z-10.0 F200; M98 P1008; G53 G0 G49 Z0; M09; M05; M19; T04 M06; S500 M03 F30; M98 P1009; M19; T05 M06; S150 M03 F30; M98 P1010; M19; T02 M06; S350 M03; </pre>	件 1 加工主程序。以上表面几何中心为编程零点 1 号刀具为 $\phi 80\text{mm}$ 面铣刀, 2 号刀具为 $\phi 16\text{mm}$ 立铣刀, 3 号刀具为 $\phi 12\text{mm}$ 钻头, 4 号刀具为 $\phi 16\text{mm}$ 钻头, 5 号刀具为 $\phi 38\text{mm}$ 钻头, 6 号刀具为 $\phi 16\text{mm}$ 螺纹铣刀

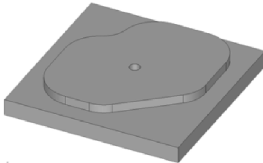
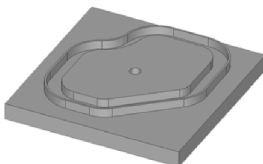
(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
1	加工件 1 外轮廓		M98 P1011; M19; T06 M06; S800 M03; M98 P1012; M30;	件 1 加工主程序。 以上表面几何中心为编程零点 1 号刀具为 $\phi 80\text{mm}$ 面铣刀, 2 号刀具为 $\phi 16\text{mm}$ 立铣刀, 3 号刀具为 $\phi 12\text{mm}$ 钻头, 4 号刀具为 $\phi 16\text{mm}$ 钻头, 5 号刀具为 $\phi 38\text{mm}$ 钻头, 6 号刀具为 $\phi 16\text{mm}$ 螺纹铣刀
2	铣平面		O1002; M03 S800; G00 G54 X145.0 Y-50.0; G00 G43 Z50.0 H01; M08; Z0; G01 X-145.0 F120; G00 Z50.0; X145.0 Y0; Z0; G01 X-145.0; G00 Z50.0; X145.0 Y50.0; Z0; G01 X-145.0; G00 Z50.0; M09; M05; M99;	铣平面子程序 用 $\phi 80\text{mm}$ 面铣刀
3	粗加工 外轮廓		O1003; G42 G01 X100.0 Y50.0 D01 F120; X80.0; G03 X40.0 Y90.0 R40.0; G01 X-2.92; G03 X-33.28 Y76.04 R40.0; G01 X-70.37 Y32.79; G03 X-80.0 Y6.75 R40.0;	粗加工外轮廓子程序 用 $\phi 80\text{mm}$ 面铣刀

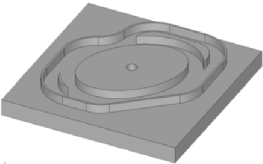
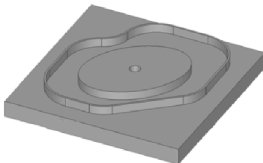
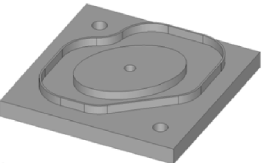
(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
3	粗加工 外轮廓		<pre> G01 Y-40.0; G03 X-40.0 Y-80.0 R40.0; G01 X-12.74; G03 X9.76 Y-71.81 R35.0; G01 X67.5 Y-23.36; G03 X80.0 Y3.45 R35.0; G01 Y50.0; G01 Z0 F500; G00 Z100.0; G00 G40 X120.0 Y-120.0; M05; M99; </pre>	粗加工外轮廓子程序 用 $\phi 80\text{mm}$ 面铣刀
4	精加工 外轮廓		<pre> O1004; G00 X120.0 Y0; Z2.0; G01 Z-10.0 F500; G42 G01 X100.0 Y50.0 D02 F120; X80.0; G03 X40.0 Y90.0 R40.0; G01 X-2.92; G03 X-41.25 Y61.43 R40.0; G02 X-57.14 Y42.89 R30.0; G03 X-80.0 Y6.75 R40.0; G01 Y-40.0; G03 X-40.0 Y-80.0 R40.0; G01 X-12.74; G03 X9.76 Y-71.81 R35.0; G01 X67.5 Y-23.36; G03 X80.0 Y3.45 R35.0; G01 Z0 F500; G00 Z100.0; G40 G00 X120.0 Y-120.0; M99; </pre>	精加工外轮廓子程序。 保证尺寸 $160_{-0.03}^0\text{mm}$, $170_{-0.03}^0\text{mm}$, $R30\text{mm}$, $R40\text{mm}$, $R35\text{mm}$, $Ra1.6\mu\text{m}$ 用 2 号刀, $\phi 16\text{mm}$ 铣刀, 2 号刀补

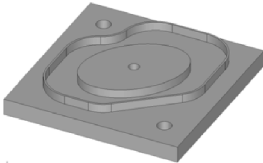
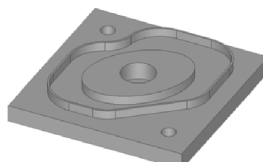
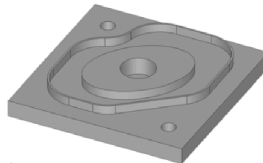
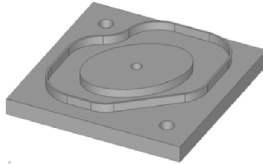
(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
5	钻孔		<pre> O1005; G00 G54 X0 Y0; G00 G43 Z50.0 H03; M08; G98 G83 X0 Y0 Z-35.0 R3.0 Q6.0; X70.0 Y-70.0; X-70.0 Y70.0; G80; G00 Z50.0; G98 G81 X63.0 Y0 Z-14.0 R3.0; G80; G53 G00 G49 Z0; M99; </pre>	钻孔子程序, 保证孔径尺寸 $\phi 12\text{mm}$ 用 3 号刀具, $\phi 12\text{mm}$ 钻头
6	精加工内轮廓		<pre> O1006; G01 G41 X80.0 Y3.45 D02 F60; Y50.0; G03 X40.0 Y90.0 R40.0; G01 X-2.92; G03 X-41.25 Y61.43 R40.0; G02 X-57.14 Y42.89 R30.0; G03 X-80.0 Y6.75 R40.0; G01 Y-40.0; G03 X-40.0 Y-80.0 R40.0; G01 X-12.74; G03 X9.76 Y-71.81 R35.0; G01 X67.5 Y-23.36; G03 X80.0 Y3.45 R35.0; G01 Z0 F500; G0 Z100.0; G40 G00 X0 Y0; M99; </pre>	精加工内轮廓子程序, 保证壁厚尺寸 $2_{-0.025}^0\text{mm}$ 用 4 号刀具, $\phi 16\text{mm}$ 立铣刀

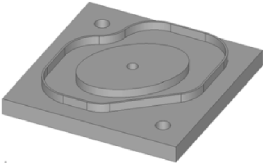
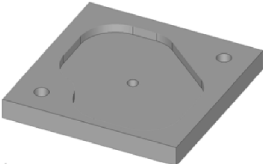
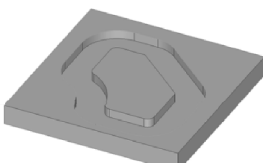
(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
7	精加工椭圆凸台		<pre> O1007; #100 = 68.0; #101 = 48.0; #102 = 0; #103 = 360.0 #104 = 1.0; WHILE [#102LE#103] DO 1; #105 = #100 * COS [#102]; #106 = #101 * SIN [#102]; G01 X [#105] Y [#106] F120; #102 = #102 + #104; END 1; G01 Z2.0 F200; G00 Z100.0; M99; </pre>	精加工椭圆凸台程序, 保证尺寸 $120_{-0.03}^0\text{mm}$, $80_{-0.03}^0\text{mm}$ 用 2 号刀具, $\phi 16\text{mm}$ 立铣刀
8	加工型腔内部残余料		<pre> O1008; G01 X62.0 Y42.16 F80; Y52.0; X25.0 Y72.0; X5.0; X -20.0 Y60.0; X -25.0 Y50.0; G01 X -51.0 Y25.0 F200; X -62.0 Y0 F80; Y -42.0; X -40.0 Y -63.0; G01 Z2.0 F200; G00 Z50.0; M99; </pre>	型腔内部残余料加工子程序 用 2 号刀具, $\phi 16\text{mm}$ 立铣刀
9	钻 $\phi 16\text{mm}$ 孔		<pre> O1009; G00 G54 X0 Y0; G00 G43 Z50.0 H04; M08; G98 G83 X70.0 Y -70.0 Z -35.0 R -5.0 Q5.0; G00 X -70.0 Y70.0; G80; </pre>	钻 $\phi 16\text{mm}$ 孔子程序, 保证尺寸 $(140 \pm 0.02)\text{mm}$, $\phi 16\text{H7}$ 用 4 号刀具, $\phi 16\text{mm}$ 钻头

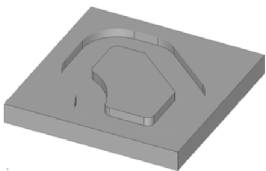
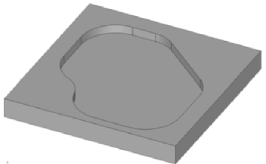
(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
9	钻 $\phi 16\text{mm}$ 孔		G53 G00 G49 Z0; M09; M05; M99;	钻 $\phi 16\text{mm}$ 孔子程序, 保证尺寸 (140 ± 0.02) mm, $\phi 16\text{H7}$ 用 4 号刀具, $\phi 16\text{mm}$ 钻头
10	钻 $\phi 38\text{mm}$ 孔		O1010; G00 G54 X0 Y0; G00 G43 Z50.0 H05; M08; G98 G83 X0 Y0 Z-25.0 R3.0 Q5.0; G80; G53 G00 G49 Z0; M09; M05; M99;	钻 $\phi 38\text{mm}$ 孔子程序 用 5 号刀具, $\phi 38\text{mm}$ 钻头
11	将 $\phi 38\text{mm}$ 孔加工到 $\phi 38.5\text{mm}$		O1011; G00 G54 X0 Y0; G00 G43 Z50.0 H02; Z2.0; M08; G01 Z-20.0 F500; G01 G42 X19.25 D02 F40; G02 I-19.25 F50; G01 Z2.0 F200; G53 G00 G49 Z0; M09; M05; M99;	将 $\phi 38\text{mm}$ 孔加工到 $\phi 38.5\text{mm}$ 子程序 用 2 号刀具, $\phi 16\text{mm}$ 立铣刀
12	加工 $M40 \times 1.5$ 螺纹		O1012; G00 G54 X0 Y0; G00 G43 Z50.0 H06; M08; G00 Z2.0; X10.5; #100=0; #101=1.5;	$M40 \times 1.5$ 螺纹加工 子程序 用 $\phi 16\text{mm}$ 螺纹铣刀

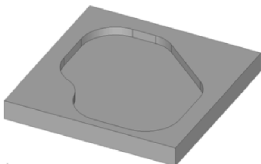
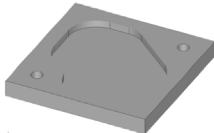
(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
12	加工 M40 × 1.5 螺纹		<pre> #I02 = 20.0; #I03 = 0; G02 I - 10.5 Z [- #I01] F60; END 1; G01 X0 F500; G00 Z50.0; G53 G00 G49 Z0; M09; M05; M99; </pre>	M40 × 1.5 螺纹加工子程序 用 $\phi 16\text{mm}$ 螺纹铣刀
13	加工件 2 内轮廓		<pre> O1013; G53 G90 G94 G40 G17; G53 G49 Z0; T07 M06; S280 M03 F30; M98 P1014; M03 S600 F100; M98 P1015; M19; T04 M06; M03 S500 F30; M98 P1016; M19; T03 M06; M03 S500 F30; M98 P1017; M30; </pre>	件 2 加工主程序，以件 2 上表面几何中心为编程零点 7 号刀具为 $\phi 36\text{mm}$ 立铣刀
			<pre> O1014; G00 G54 X0 Y0; G00 G43 Z50.0 H07; Z2.0; M08; G00 X - 54.142 Y54.142; Z1.0; G01 Z - 10.0 F150; G42 G01 X - 68.284 Y68.284 D07 F150; </pre>	内轮廓加工子程序 ， 保证尺寸 $160_{-0.03}^0\text{mm}$ ， $170_{-0.03}^0\text{mm}$ ， $R30\text{mm}$ ， $R40\text{mm}$ ， $R35\text{mm}$ ， $Ra1.6\mu\text{m}$ 用 7 号刀具， $\phi 36\text{mm}$ 立铣刀

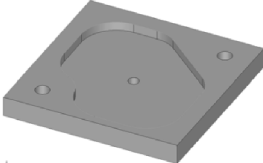
(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
13	加工件 2 内轮廓		<pre> G02 X-40.0 Y80.0 R40.0; G01 X-12.739; G02 X9.759 Y71.812 R35.0; G01 X67.498 Y23.363; G02 X80.0 Y-3.449 R35.0; G01 Y-50.0; G02 X40.0 Y-90.0 R40.0; G01 X0.0; G02 X-39.205 Y-57.935 R40.0; G03 X-56.348 Y-36.507 R30.0; G02 X-80.0 Y0.0 R40.0; G01 Y40.0; G02 X-68.284 Y68.284 R40.0; G40 G01 X-54.142 Y54.142; G00 Z50.0; G53 G00 G49 Z0; M09; M05; M99; </pre>	内轮廓加工子程序, 保证尺寸 $160_{-0.03}^0$ mm, $170_{-0.03}^0$ mm, R30mm, R40mm, R35mm, Ra1.6μm 用 7 号刀具, φ36mm 立铣刀
14	加工件 2 去余量 加工		<pre> O1015; G00 G54 X0 Y0; G00 G43 Z50.0 H07; Z2.0; M08; G00 X6.719 Y10.658; Z1.0; G01 Z-10.0 F225; X31.2 Y-9.884 F150; Y-41.2; X6.855; G03 X-31.2 Y5.467 R78.8; G01 Y31.2; X-17.762; X6.719 Y10.658; X12.376 Y17.399; </pre>	去余量加工子程序 用 7 号刀具, φ36mm 立铣刀

(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
14	加工件 2 去余量 加工		<pre> X25.231 Y32.72; X54.642 Y8.042; G02 X60.0 Y-3.449 R15.0; G01 Y-50.0; G02 X40.0 Y-70.0 R20.0; G01 X0.0; G02 X-19.602 Y-53.968 R20.0; G03 X-48.174 Y-18.253 R50.0; G02 X-60.0 Y0.0 R20.0; G01 Y40.0; G02 X-40.0 Y60.0 R20.0; G01 X-12.739; G02 X-3.097 Y56.491 R15.0; G01 X25.231 Y32.72; X12.376 Y17.399; G00 Z50.0; G53 G00 G49 Z0; M09; M05; M99; </pre>	去余量加工子程序 用 7 号刀具, $\phi 36\text{mm}$ 立铣刀
15	钻 $\phi 16\text{mm}$ 孔		<pre> O1016; G00 G54 X0 Y0; G00 G43 Z50.0 H04; M08; G98 G83 X70.0 Y-70.0 Z-35.0 R-5.0 Q5.0; G00 X-70.0 Y70.0; G80; G53 G00 G49 Z0; M09; M05; M99; </pre>	钻 $\phi 16\text{mm}$ 孔子程序, 用 $\phi 16\text{mm}$ 钻头

(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
16	钻 $\phi 12\text{mm}$ 孔		O1017; G00 G54 X0 Y0; G00 G43 Z50.0 H03; M08; G98 G83 X0 Y0 Z - 35.0 R3.0 Q6.0; X70.0 Y - 70.0; X - 70.0 Y70.0; G80; G00 Z50.0; G98 G81 X63.0 Y0 Z - 14.0 R3.0; G80; G53 G00 G49 Z0; M99;	钻 $\phi 12\text{mm}$ 孔子程序, 用 $\phi 12\text{mm}$ 钻头

五、样例小结

本例较多地使用了子程序, 应该注意主、子程序间的模式代码的变换。在半径补偿模式中的程序不能被分支。当程序复杂时, 可以使用子程序嵌套。当在某个方向上的总切削深度较大时, 要进行分层切削, 则编写该轮廓加工的刀具轨迹子程序后, 通过调用该子程序来实现分层切削。

职业技能鉴定样例 15

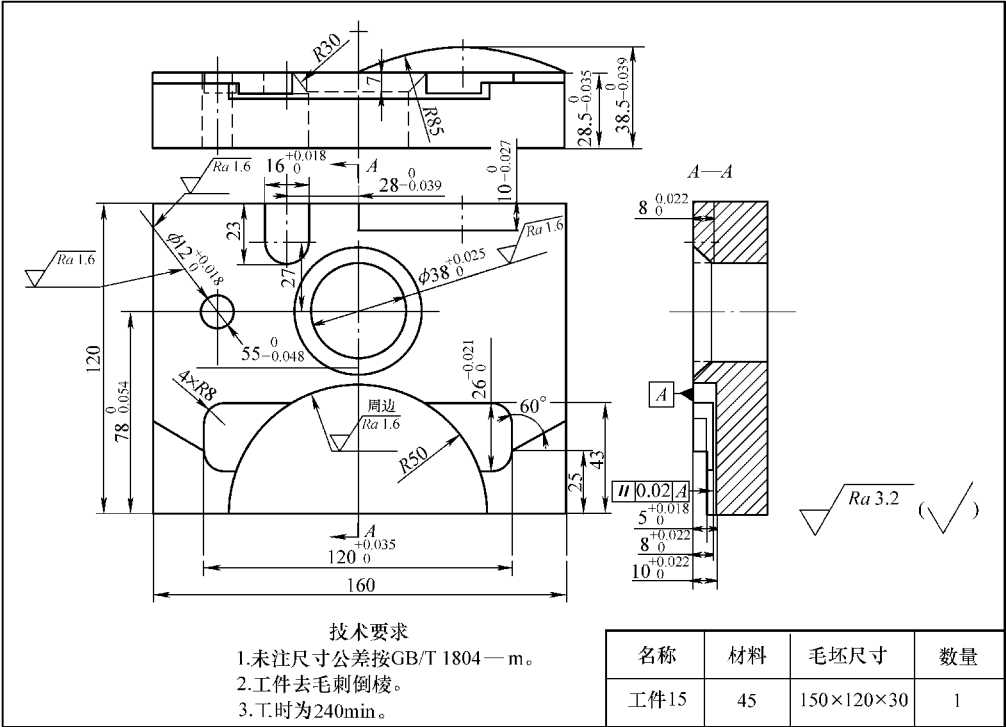
考核目标

- 1) 掌握宏程序编程的应用方法。
- 2) 掌握凹圆弧槽的加工方法。
- 3) 能编制数控程序进行复杂工件的加工。

一、考核要求

1. 总体要求

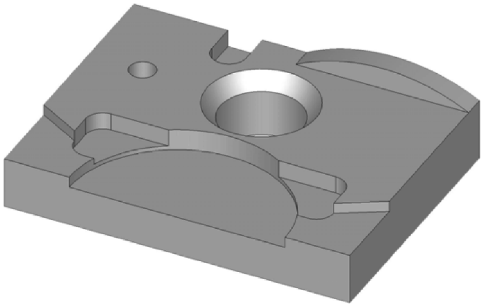
加工图 15-1 所示工件，试分析其加工工艺，并编写数控加工程序。本题分值为 100 分，考核时间为 240min。



a)

图 15-1 工件 15

a) 零件图



b)

图 15-1 工件 15 (续)

b) 实体图

2. 配分及评分标准

- 1) 操作技能考核总成绩见表 1-1。
- 2) 现场操作规范评分见表 1-2。
- 3) 工件质量评分见表 15-1。

表 15-1 工件质量评分表

序号	考核内容	考核要点	配分	评分标准	得分
1	外形轮廓	R85mm	2	超差不得分	
2		$28.5 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.033 \end{smallmatrix} \text{mm}$	4	超差 0.01mm 扣 2 分	
3		$38.5 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.039 \end{smallmatrix} \text{mm}$	4	超差 0.01mm 扣 2 分	
4		$10 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.027 \end{smallmatrix} \text{mm}$	4	超差 0.01mm 扣 2 分	
5		$16 \begin{smallmatrix} +0.018 \\ 0 \end{smallmatrix} \text{mm}$	4	超差 0.01mm 扣 4 分	
6		$28 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.039 \end{smallmatrix} \text{mm}$	4	超差 0.01mm 扣 2 分	
7		4 × R8mm	8	超差一处扣 2 分	
8		R50mm	2	超差不得分	
9		$26 \begin{smallmatrix} +0.021 \\ 0 \end{smallmatrix} \text{mm}$	4	超差 0.01mm 扣 2 分	
10		60°	3	超差不得分	
11	内轮廓与孔	$2 \times 8 \begin{smallmatrix} +0.022 \\ 0 \end{smallmatrix} \text{mm}$	8	超差一处扣 2 分	
12		$5 \begin{smallmatrix} +0.018 \\ 0 \end{smallmatrix} \text{mm}$	4	超差 0.01mm 扣 2 分	
13		$10 \begin{smallmatrix} +0.022 \\ 0 \end{smallmatrix} \text{mm}$	4	超差 0.01mm 扣 2 分	
14		$\phi 38 \begin{smallmatrix} +0.025 \\ 0 \end{smallmatrix} \text{mm}$	4	超差 0.01mm 扣 2 分	
15		$\phi 12 \begin{smallmatrix} +0.018 \\ 0 \end{smallmatrix} \text{mm}$	4	超差 0.01mm 扣 2 分	
16		$55 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.046 \end{smallmatrix} \text{mm}$	4	超差 0.01mm 扣 2 分	
17		$78 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.054 \end{smallmatrix} \text{mm}$	4	超差 0.01mm 扣 2 分	

(续)

序号	考核内容	考核要点	配分	评分标准	得分
18	表面粗糙度和几何公差	$Ra1.6\mu m$	3	超差一处扣 2 分，不倒扣	
19		$Ra3.2\mu m$	3	超差一处扣 2 分，不倒扣	
20		$\sqrt{0.02A}$	3	超差不得分	
21	程序编制	指令正确，程序完整	3	不合理每处扣 1 分	
		数值计算正确，计算简化，有一定技巧	3	不合理每处扣 1 分	
		刀具补偿功能运用正确、合理	3	不合理每处扣 1 分	
		切削参数、坐标系选择正确	3	不合理每处扣 1 分	
22	加工工艺	工件定位、夹紧及刀具选择合理	2	不合理每处扣 2 分	
		加工顺序及刀具轨迹路线合理	2		
23	其他项目	工件完整、局部无缺陷	2	出现一处不得分	
		工件按时完成	2	超时不得分	
合 计					

二、加工准备

(1) 设备、材料准备（见表 15-2）

表 15-2 设备、材料准备

序号	名 称	规 格	单位	数量	备 注
1	数控铣床	400mm × 800mm	台	1	
2	毛 坯	150mm × 120mm × 30mm	件	1	45 钢

(2) 工、量、刃具准备（见表 15-3）

表 15-3 工、量、刃具准备

(单位：mm)

序号	名 称	规 格	数量	备注
1	游标卡尺	0.02/0 ~ 150	1	
2	游标万能角度尺	2' / 0° ~ 320°	1	
3	千分尺	0 ~ 25、25 ~ 50、50 ~ 75	各 1	
4	百分表	0.01/0 ~ 10	1	
5	磁性表座		1	

(续)

序号	名 称	规 格	数量	备注
6	内径量表	0.01/35 ~ 50	1	
7	内径千分尺	0.01/8 ~ 25、0.01/25 ~ 50	1	
8	通止规	$\phi 12H8$	1	
9	游标深度卡尺	0.02/0 ~ 100	1	
10	深度千分尺	0.01/0 ~ 25	1	
11	半径样板	$R7 \sim R14.5$ 、 $R15 \sim R25$ 、 $R25 \sim R50$	各 1	
12	塞尺	0.02 ~ 1	1 副	
13	钻头	中心钻, $\phi 8.5$ 、 $\phi 10$ 、 $\phi 11.2$ 、 $\phi 11.8$	各 1	
14	机用铰刀	$\phi 12H8$	1	
15	立铣刀	$\phi 14$ 、 $\phi 25$	各 1	
16	键槽铣刀	$\phi 14$	1	
17	球头铣刀	$R5$ 、 $R8$ 、 $R10$	各 1	
18	面铣刀	$\phi 80$ (R 型面铣刀片)	1	
19	粗、精镗刀	$\phi 18 \sim \phi 35$	各 1	
20	刀柄、夹头	以上刀具相关刀柄、钻夹头、弹簧夹	若干	
21	夹具	精密平口钳及垫铁	1	
22	其他	常用数控铣床辅具	若干	

三、零件加工要求分析

1. 图样分析

(1) 工件类型 该工件属于盘类工件,主要加工平面、平面上的曲线、曲面及孔系。

(2) 工件材料及毛坯 该工件的材质为 45 钢。毛坯外形为 $160\text{mm} \times 120\text{mm} \times 40\text{mm}$ 的四面体,四面相互平行,外形易于装夹。

(3) 加工内容及要求 该工件主要由平面、圆弧表面、凹槽轮廓、孔系组成。按照工件的形状特点,该工件的主要加工内容分为轮廓加工、孔加工、槽加工三部分。

1) 凹槽轮廓加工。

① 不规则凹槽轮廓,深度为 $10^{+0.022}_0$ mm,轮廓尺寸为 $78^{+0.054}_0$ mm, $R50\text{mm}$,

曲线外轮廓周边的表面粗糙度为 $Ra1.6\mu\text{m}$ 。

② 不规则凹槽轮廓, 深度为 $8^{+0.022}_0\text{mm}$, 轮廓尺寸为 $26^{+0.021}_0\text{mm}$, $120^{+0.035}_0\text{mm}$, 43mm , $4 \times R8\text{mm}$, 表面粗糙度为 $Ra3.2\mu\text{m}$ 。

③ 不规则凹槽轮廓, 深度为 $5^{+0.018}_0\text{mm}$, 保证尺寸 25mm , $120^{+0.035}_0\text{mm}$, 60° , 表面粗糙度为 $Ra3.2\mu\text{m}$ 。

④ 圆弧槽, 深度为 $8^{+0.022}_0\text{mm}$, 保证尺寸 $16^{+0.018}_0\text{mm}$, $28^{+0.018}_0\text{mm}$, $8^{+0.022}_0\text{mm}$, 表面粗糙度为 $Ra1.6\mu\text{m}$ 。

2) 孔加工。

① 一个通孔 $\phi 12^{+0.018}_0\text{mm}$, 表面粗糙度为 $Ra1.6\mu\text{m}$ 。

② 一个通孔 $\phi 38^{+0.025}_0\text{mm}$, 表面粗糙度为 $Ra1.6\mu\text{m}$ 。

③ 一个孔口圆角 $R30\text{mm}$, 深 8mm , 表面粗糙度为 $Ra3.2\mu\text{m}$ 。

3) 圆弧凸台加工。一个圆弧凸台, 保证尺寸 $38.5^{+0.039}_0\text{mm}$, $10^{+0.027}_0\text{mm}$, $R85\text{mm}$ 。

2. 工艺分析

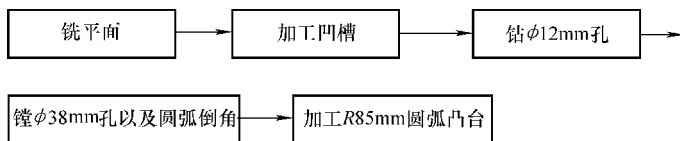
(1) 确定工艺基准 加工该工件, 选择底面为装夹定位基准。

(2) 难点分析 本例零件被加工部分的各尺寸、几何公差、表面粗糙度等要求较高。零件复杂程度一般, 包含了平面、圆弧表面、空间圆柱面、内外轮廓的加工, 挖槽、钻孔、镗孔、铰孔以及三维曲面的加工, 且大部分的尺寸均达到 IT7 ~ IT8 级精度。

选用机用平口钳装夹工件, 校正平口钳固定钳口, 使之与工作台 X 轴移动方向平行。在工件下表面与平口钳之间放入精度较高的平行垫块 (垫块厚度与宽度适当), 利用木锤或铜棒敲击工件, 使平行垫块不能移动, 夹紧工件。利用寻边器找正工件 X、Y 轴零点, 该零点位于工件 A 表面 $\phi 38$ 孔的中心位置, 设置 Z 轴零点与机械原点重合, 刀具长度补偿利用 Z 轴定位器设定, 有时也可不使用刀具长度补偿功能, 而根据不同刀具设定多个工件坐标系零点进行编程加工。图中 A 表面为执行刀具长度补偿后的零点表面。

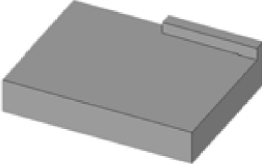
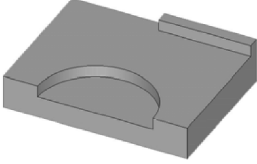
(3) 工艺方案 通过对图样及加工难点的分析, 该工件可以用一道工序完成: 以工件底面和侧面找正定位夹紧, 加工工件各轮廓并钻、镗 $\phi 12^{+0.018}_0\text{mm}$, $\phi 38^{+0.025}_0\text{mm}$, 保证其与四周的对称度。

具体的加工路线如下:

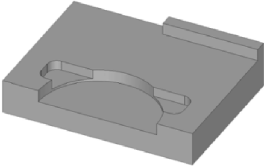
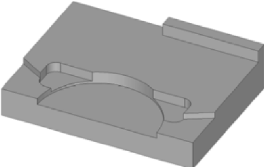


四、程序编制 (见表 15-4)

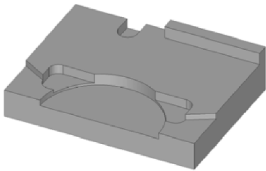
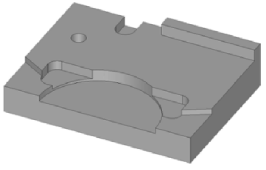
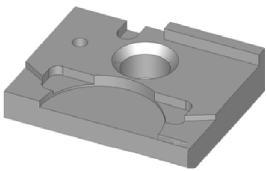
表 15-4 参考程序

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
1	铣平面		<pre> O0111; G90 G94 G40 G21 G17; M03 S600; M08; G00 Z5.0; G00 X130.0 Y10.0; Z0; G01 X-80.0 F100; Y-60.0; X130.0; G00 Z-10.0; G01 X-80.0; Y-48.0; X130.0; G00 Y84.0; X-40.0; G01 Y-118.0; G00 Z50.0; M09; M05; M30; </pre>	铣平面, 保证尺寸 38.5mm, 28.5mm 用 $\phi 80\text{mm}$ 面铣刀。 以 $\phi 38\text{mm}$ 孔上表面中心位置为零点
2	加工凹槽		<pre> O0112; G90 G94 G40 G21 G17 G54; M03 S600; M08; G00 Z5.0; X0 Y-105.0; Z-20.0; G42 G01 X-50.0 Y-78.0 D01 F100; G02 X50.0 Y-78.0 R50.0; G40 G00 X0 Y-105; X-12.5; G01 Y-78.0; G02 X12.5 Y-78.0 R12.5; G00 Z5.0; M09; M05; M30; </pre>	$R50\text{mm}$ 凹圆弧槽加工。保证尺寸 $R50\text{mm}$, $10^{+0.022}_0\text{mm}$, $Ra1.6\mu\text{m}$ 用 $\phi 25\text{mm}$ 立铣刀, 01 号刀补

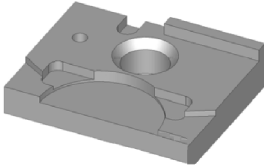
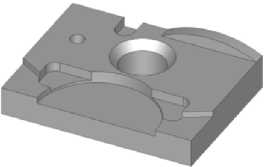
(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
2	加工 凹槽		O0113; G90 G94 G40 G21 G17 G54; M03 S600; M08; G00 Z5.0; X0 Y-48.0; Z-18.0; G41 G01 X47.0 Y-61.0 D02 F100; G01 X52.0; G03 X60.0 Y-53.0 R8.0; G01 X60.0 Y-43.0; G03 X52.0 Y-35.0 R8.0; G01 X-52.0 Y-35.0; G03 X-60.0 Y-43.0 R8.0; G01 X-60.0 Y-53.0; G03 X-52.0 Y-61.0 R8.0; G01 X0; G00 Z5.0; G40 G00 X0 Y0; M09; M05; M30;	宽 26mm 凹槽加工。 保证尺寸 $26^{+0.021}_0$ mm, $120^{+0.025}_0$ mm, R8mm, 43mm 用 $\phi 14$ mm 立铣刀, 02 号刀补
			O0114; G90 G94 G40 G21 G17 G54; M03 S600; M08; G00 Z5.0; M98 P0115; G51.1 X0; M98 P0115; G50.1 X0; M09; M05; M30;	深 5mm 槽加工主程序。保证尺寸 60° , 25mm 用 $\phi 14$ mm 立铣刀加工, 02 号刀补
			O0115; X0 Y-55.0; Z-15.0; G41 G01 X-46.868 Y-42.582 D02 F100; G01 X-80.0 Y-23.453; G40 G01 Y-39.0; G01 X-54.0 Y-55.0; X-57.0 Y-60.0; X-80.0 Y-47.0; Y-54.0; X-69.0 Y-60.0 G00 Z5.0 M99;	深 5mm 槽加工子程序

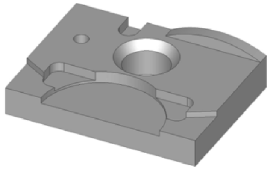
(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
2	加工 凹槽		O0116; G90 G94 G40 G21 G17 G54; M03 S600; M08; G00 Z5.0; X28.0 Y50.0; Z-18.0; G41 G01 X-36.0 Y42.0 D02 F100; G01 Y27.0; G03 X20.0 R8.0; G01 Y42.0; G00 Z5.0; G40 X0 Y0; M09; M05; M30;	宽 16mm 键槽加工程序。 保证尺寸 $16^{+0.018}_0$ mm, $28^{0}_{-0.039}$ mm, 23mm, 27mm 用 $\phi 14$ mm 立铣刀, 02 号刀补
3	钻 $\phi 12$ mm 孔		O0117; G90 G94 G40 G21 G17 G54; M03 S900; M08; G00 Z50.0; X-55.0 Y0; G83 X-55.0 Y0 Z-35.0 R5.0 Q5.0 F100; G80; M09; M05; M30;	钻孔程序, 保证尺寸 $\phi 12^{+0.018}_0$ mm, $Ra1.6\mu\text{m}$, $55^{0}_{-0.046}$ mm, $78^{0}_{-0.054}$ mm 用 $\phi 12$ mm 钻头
4	镗 $\phi 38$ mm 孔以 及圆 弧倒角		O0118; G90 G94 G40 G21 G17 G54; M03 S900; M08; G00 Z50.0; X0 Y0; G90 G85 X0 Y0 Z-30.0 R5.0 F100; G80; M09; M05; M30;	镗 $\phi 38$ mm 孔程序。 保 证尺寸 $\phi 38^{+0.025}_0$ mm, $Ra1.6\mu\text{m}$, $78^{0}_{-0.054}$ mm 镗孔前先将孔加工 至 $\phi 37.5$ mm, 然后用 $\phi 38$ mm 镗孔刀加工

(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
4	镗 $\phi 38\text{mm}$ 孔以 及圆 弧倒角		O0019; G90 G94 G40 G21 G17 G54; M03 S600; M08; G00 Z5.0; X0 Y0; Z0; G01 X18.239 F100; #1 = 0; N156 #2 = -17; #3 = 16.216 - #1; #4 = SQRT [30 * 30 - #3 * #3]; #5 = #4 - 7; G01 X [#5] Y0 Z [#1] F1200; G02 I [-#5] J0; #1 = #1 - 0.02; IF [#1GE#2] GOTO156; G00 Z50.0 M09; M05; M30;	圆弧倒角加工程序。 保证尺寸 $R30\text{mm}$, $78_{-0.054}^0\text{mm}$, $Ra1.6\mu\text{m}$, 7mm 用 $\phi 14\text{mm}$ 立铣刀
5	加工 $R85\text{mm}$ 圆弧 凸台		O0200; G90 G94 G40 G21 G17 G54; M03 S600; M08; G00 Z5.0; X0 Y0; Z -10.0; G01 X -6.0; Y50.0; X -6.0 Y42.0; #1 = 42.0; #2 = 32.0; N101 #3 = #1 - 0.025; G01 X -6.0 Y [#1] F1000; G18 G03 X34.0 Z0 R85.0; G01 X46.0; G03 X86.0 Z -10.0 R85.0;	

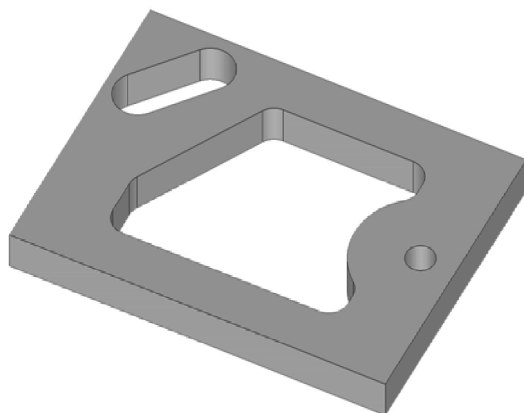
(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
5	加工 R85mm 圆弧 凸台		G01 Y [#3]; G02 X46.0 Z0 R85.0; G01 X34.0; G02 X-6.0 Z-10.0 R85.0; #1=#1-0.05; IF [#1GE#2] GOTO101; G17 G00 Z5.0; M09; M05; M30;	

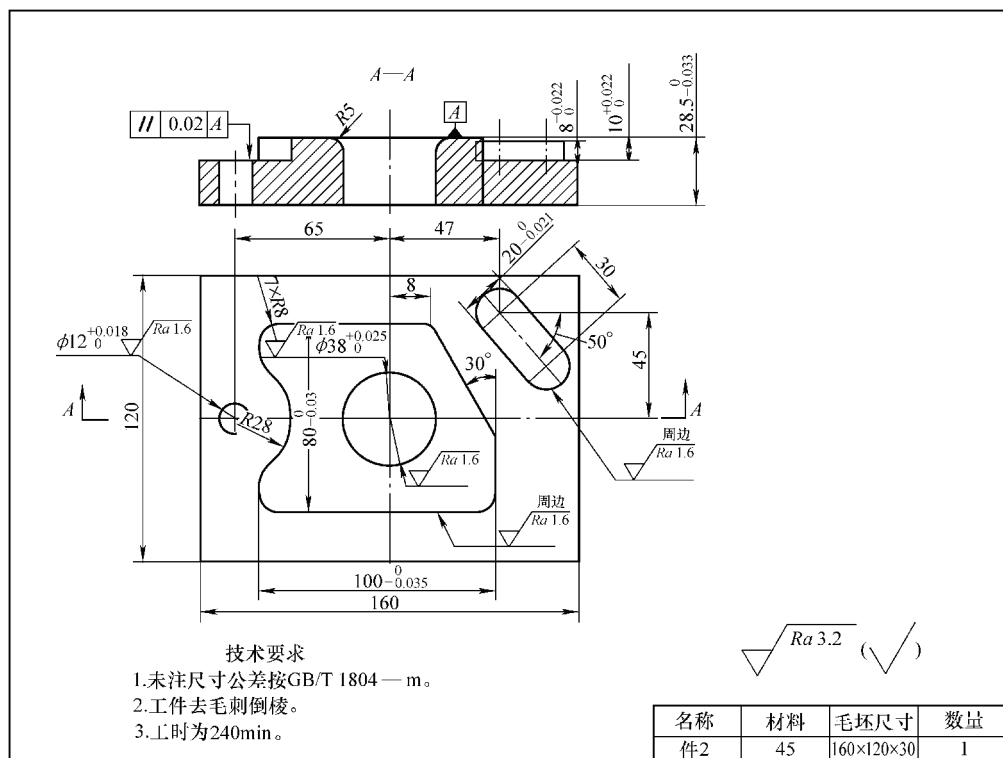
五、样例小结

本例中的圆弧凸台的加工建议采用球头铣刀及鼓形铣刀。

a) 件 1 零件图



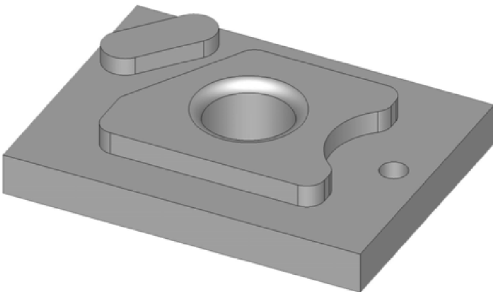
b)



c)

图 16-1 工件 16 (续)

b) 件 1 实体图 c) 件 2 零件图



d)

图 16-1 工件 16 (续)
d) 件 2 实体图

2. 配分及评分标准

- 1) 操作技能考核总成绩见表 1-1。
- 2) 现场操作规范评分见表 1-2。
- 3) 工件质量评分见表 16-1。

表 16-1 工件质量评分表

序号	考核内容	考核要点	配分	评分标准	得分
1	件 1	$R8\text{mm}$	4	超差不得分	
2		$R28\text{mm}$	4	超差不得分	
3		$80^{+0.03}_0\text{mm}$	4	超差 0.01mm 扣 2 分	
4		$10^{+0.035}_0\text{mm}$	4	超差 0.01mm 扣 2 分	
5		30°	4	超差不得分	
6		$\phi 12^{+0.018}_0\text{mm}$	6	超差 0.01mm 扣 2 分	
7		$20^{+0.021}_0\text{mm}$	6	超差 0.01mm 扣 2 分	
8	件 2	$\phi 38^{+0.025}_0\text{mm}$	4	超差 0.01mm 扣 2 分	
9		$28.5^{+0.033}_0\text{mm}$	4	超差 0.01mm 扣 2 分	
10		$R5\text{mm}$	4	超差不得分	
11		$10^{+0.022}_0\text{mm}$	4	超差 0.01mm 扣 2 分	
12		$80^{+0.03}_0\text{mm}$	4	超差 0.01mm 扣 2 分	
13		$100^{+0.035}_0\text{mm}$	4	超差 0.01mm 扣 2 分	
14		50°	4	超差不得分	
15		$8^{+0.022}_0\text{mm}$	4	超差 0.01mm 扣 2 分	
16		$20^{+0.021}_0\text{mm}$	4	超差 0.01mm 扣 2 分	
17	表面粗糙度和几何公差	$Ra1.6\mu\text{m}$	4	超差一处扣 2 分，不倒扣	
18		$Ra3.2\mu\text{m}$	4	超差一处扣 2 分，不倒扣	
19		$\parallel 0.02A$	4	错一处扣 1 分，不倒扣	

(续)

序号	考核内容	考核要点	配分	评分标准	得分
20	程序编制	指令正确，程序完整	3	不合理每处扣 1 分	
		数值计算正确，计算简化，有一定技巧	2	不合理每处扣 1 分	
		刀具补偿功能运用正确、合理	3	不合理每处扣 1 分	
		切削参数、坐标系选择正确	2	不合理每处扣 1 分	
21	加工工艺	工件定位、夹紧及刀具选择合理	3	不合理每处扣 2 分	
		加工顺序及刀具轨迹路线合理	2		
22	其他项目	工件完整、局部无缺陷	3	出现一处不得分	
		工件按时完成	2	超时不得分	
合 计					

二、加工准备

(1) 设备、材料准备 (见表 16-2)

表 16-2 设备、材料准备

序号	名 称	规 格	单位	数量	备注
1	数控铣床	400mm × 800mm	台	1	
2	毛 坯	160mm × 120mm × 12mm	件	1	45 钢
3	毛 坯	160mm × 120mm × 30mm	件	1	45 钢

(2) 工、量、刀具准备 (见表 16-3)

表 16-3 工、量、刀具准备

(单位: mm)

序号	名 称	规 格	数量	备注
1	游标卡尺	0.02/0 ~ 200	1	
2	游标万能角度尺	2°/0° ~ 320°	1	
3	千分尺	0 ~ 25、75 ~ 100、100 ~ 125	各 1	
4	百分表	0.01/0 ~ 10	1	
5	磁性表座		1	
6	内径量表	0.01/35 ~ 50	1	
7	内径千分尺	0.01/25 ~ 50	1	

(续)

序号	名 称	规 格	数量	备注
8	通止规	$\phi 12H8$	1	
9	游标深度卡尺	0.02/0 ~ 100	1	
10	深度千分尺	0.01/0 ~ 25	1	
11	半径样板	$R1 \sim R6.5$ 、 $R7 \sim R14.5$ 、 $R15 \sim R30$	各 1	
12	塞尺	0.02 ~ 1	1 副	
13	钻头	中心钻, $\phi 11.8$	各 1	
14	机用铰刀	$\phi 12H8$	1	
15	立铣刀	$\phi 14$ 、 $\phi 16$	各 1	
16	面铣刀	$\phi 60$ (R 型面铣刀片)	1	
17	精镗刀头	$\phi 18 \sim \phi 35$	各 1	
18	刀柄、夹头	以上刀具相关刀柄、钻夹头、弹簧夹	若干	
19	夹具	精密平口钳及垫铁	1	
20	其他	常用数控铣床辅具	若干	

三、零件加工要求分析

1. 图样分析

(1) 工件类型 该工件属于装配工件，主要加工平面、平面上的外轮廓、内轮廓及孔系。

(2) 工件材料及毛坯 该工件的材质均为 45 钢。毛坯外形分别为 $160\text{mm} \times 120\text{mm} \times 12\text{mm}$ 、 $160\text{mm} \times 120\text{mm} \times 30\text{mm}$ 的四面体，四面相互平行，外形易于装夹。

(3) 加工内容及要求 该工件主要由平面、型腔轮廓、孔系组成。按照工件的形状特点，工件 1 的主要加工内容分为型腔轮廓加工和孔加工两部分；工件 2 的主要加工内容分为曲线轮廓加工和孔加工两部分。

工件 1：

1) 轮廓加工。

① 不规则型腔轮廓，轮廓尺寸为 $80^{+0.03}_0\text{mm}$ ， $100^{+0.035}_0\text{mm}$ ， $7 \times R8\text{mm}$ ， 18mm ， $R28\text{mm}$ ， 30° ，周边的表面粗糙度为 $Ra1.6\mu\text{m}$ 。

② 型腔轮廓，保证尺寸 $20^{+0.021}_0\text{mm}$ ， 47mm ， 30mm ， 45mm ， 50° ，周边的表面粗糙度为 $Ra1.6\mu\text{m}$ 。

2) 孔加工。一个通孔 $\phi 12^{+0.018}_0$ mm, 表面粗糙度为 $Ra1.6\mu\text{m}$ 。

工件 2:

1) 轮廓加工。

① 不规则凸台轮廓, 轮廓尺寸为 $80^{+0.03}_0$ mm, $100^{+0.035}_0$ mm, $7 \times R8$ mm, 18 mm, $R28$ mm, 30° , 曲线内轮廓周边的表面粗糙度为 $Ra1.6\mu\text{m}$ 。

② 凸台轮廓, 保证尺寸 $20^{+0.021}_0$ mm, 47 mm, 30 mm, 45 mm, 50° , 周边的表面粗糙度为 $Ra1.6\mu\text{m}$ 。

2) 孔加工。

① 一个通孔 $\phi 12^{+0.018}_0$ mm, 表面粗糙度为 $Ra1.6\mu\text{m}$ 。

② 一个通孔 $\phi 38^{+0.025}_0$ mm, 表面粗糙度为 $Ra1.6\mu\text{m}$ 。

③ 一个孔口圆角 $R5$ mm, 表面粗糙度为 $Ra3.2\mu\text{m}$ 。

2. 工艺分析

(1) 确定工艺基准 加工该工件, 选择底面为装夹定位基准。

(2) 难点分析 本例零件外形规则, 被加工部分的各尺寸、几何公差、表面粗糙度及凹凸配合等要求较高。零件结构简单, 包含了平面、圆弧、内外轮廓的加工, 挖槽、钻孔、镗孔、铰孔以及三维曲面的加工, 且大部分的尺寸均达到 IT7 ~ IT8 级精度。

件 1、件 2 都选用机用平口钳装夹, 校正平口钳固定钳口, 使之与工作台 X 轴移动方向平行。在工件下表面与平口钳之间放入精度较高的平行垫块(垫块厚度与宽度适当), 利用木锤或铜棒敲击工件, 使平行垫块不能移动后夹紧工件。以件 1 为例, 利用寻边器找正工件 X、Y 轴零点, 该零点位于工件上表面的中心位置, 设置 Z 轴零点与机械原点重合, 刀具长度补偿利用 Z 轴定位器设定。件 2 的 X、Y 轴零点位于工件上表面的中心位置, 找正方法与件 1 类同。对于同一把刀具仍调用相等的刀具长度与半径补偿值, 但若它们设定的工件坐标系不同, 也可不使用刀具长度补偿功能, 而是根据不同刀具设定多个工件坐标系零点进行编程加工。件 1、件 2 上表面为执行刀具长度补偿后的零点表面。

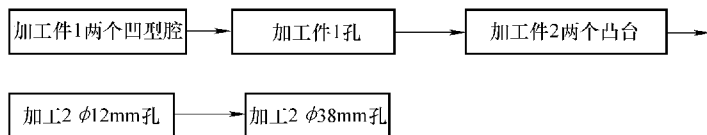
首先, 根据图样要求加工件 1, 然后加工件 2。件 2 完成加工后必须在拆卸之前与件 1 进行配合, 若间隙偏小, 可改变刀具半径补偿, 将轮廓进行再次加工, 直至配合情况良好后取下件 2。

(3) 工艺方案 通过对图样及加工难点的分析, 该工件可以分两道工序完成:

工序一: 以工件 1 底面和侧面找正定位夹紧, 加工工件 1 各轮廓并钻、铰 $\phi 12^{+0.018}_0$ mm, 保证其与四周的对称度。

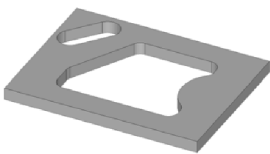
工序二: 以工件 2 底面和侧面找正定位夹紧, 加工工件 2 各轮廓并钻、铰 $\phi 12^{+0.018}_0$ mm, $\phi 38^{+0.025}_0$ mm, 保证其与四周的对称度。

具体的加工路线如下:

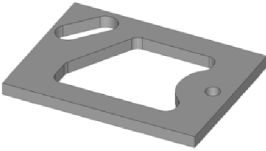
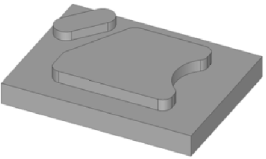


四、程序编制（见表 16-4）

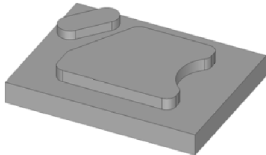
表 16-4 参考程序

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
1	加工件 1 两个凹 型腔		<pre> O0121; G90 G94 G40 G21 G17 G54; M03 S600; M08; G00 Z5.0; G00 X-25.959 Y6.215; Z1.0; G01 Z-10.0 F100; G42 G01 X-34.619 Y11.215 D01 F100; X-20.309 Y36.0; G02 X-13.381 Y40.0 R8.0; G01 X42.0; G02 X50.0 Y32.0 R8.0; G01 Y27.695; G02 X47.111 Y21.54 R8.0; G03 Y-21.54 R28.0; G02 X50.0 Y-27.695 R8.0; G01 Y-32.0; G02 X42.0 Y-40.0 R8.0; G01 X-42.0; G02 X-50.0 Y-32.0 R8.0; G01 Y-17.569; G02 X-48.928 Y-13.569 R8.0; G01 X-34.619 Y11.215; X-25.959 Y6.215; G00 Z5.0; G00 X-56.642 Y33.509; Z1.0; G01 Z-10.0 F100; G41 G01 X-64.302 Y39.937 D01; X-73.944 Y28.447; G03 X-58.623 Y15.591 R10.0; G01 X-39.34 Y38.572; G03 X-54.660 Y51.428 R10.0; G01 X-64.302 Y39.937; G40 X-56.642 Y33.509; G00 Z5.0; M09; M05; M30; </pre>	件 1 两个凹型腔 加工程序（落料）。 保证尺寸 $80^{+0.03}_0$ mm, $100^{+0.035}_0$ mm, 30°, R8mm, 18mm, R28mm, 50°, 45mm, $20^{+0.021}_0$ mm, Ra1.6μm 用 $\phi 14$mm 立铣刀, 01 号刀补

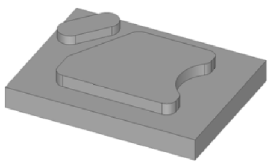
(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
2	加工件 1 孔		O0122; G90 G94 G40 G21 G17 G54; M03 S900; M08; G00 Z50.0; X65.0 Y0; G83 X65.0 Y0 Z-15.0 R5.0 Q5.0 F100; G80; M09; M05; M30;	件 1 $\phi 12\text{mm}$ 孔加工程序。 在钻孔之前先用中心钻定位,保证尺寸 $\phi 12^{+0.018}_0\text{mm}$, $Ra1.6\mu\text{m}$
3	加工件 2 两个凸台		O0123; G90 G94 G40 G21 G17 G54; M03 S600; M08; G00 Z5.0; G00 X54.728 Y44.728; Z1.0; G01 Z-10.0 F100; G42 G01 X47.657 Y37.657 D02; G03 X42.0 Y40.0 R8.0; G01 X-13.381; G03 X-20.309 Y36.0 R8.0; G01 X-48.928 Y-13.569; G03 X-50.0 Y-17.569 R8.0; G01 Y-32.0; G03 X-42.0 Y-40.0 R8.0; G01 X42.0; G03 X50.0 Y-32.0 R8.0; G01 Y-27.695; G03 X47.111 Y-21.54 R8.0; G02 Y21.54 R28.0; G03 X50.0 Y27.695 R8.0; G01 Y32.0; G03 X47.657 Y37.657 R8.0; G40 G01 X54.728 Y44.728; G00 Z5.0; M09; M05; M30;	中间凸台加工程序。 保证尺寸 $80^{+0}_{-0.03}\text{mm}$, $100^{+0}_{-0.035}\text{mm}$, 30° , $R8\text{mm}$, 18mm , $R28\text{mm}$, $Ra1.6\mu\text{m}$ 用 $\phi 16\text{mm}$ 立铣刀, 02 号刀补

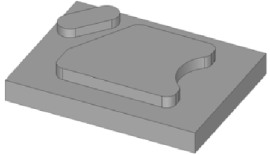
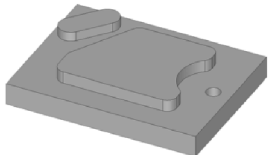
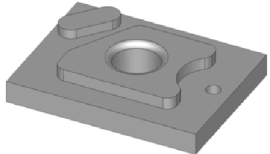
(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
3	加工件 2 两个凸台		O0124; G90 G94 G40 G21 G17 G54; M03 S600; M08; G00 Z5.0; G00 X-79.139 Y6.698; Z1.0; G01 Z-10.0 F100; G42 G01 X-72.712 Y14.358 D01; G03 X-58.623 Y15.591 R10.0; G01 X-39.34 Y38.572; G03 X-54.660 Y51.428 R10.0; G01 X-73.944 Y28.447; G03 X-72.712 Y14.358 R10.0; G40 G01 X-79.139 Y6.698; G00 Z5.0; G00 X-52.578 Y29.69; Z1.0; G01 Z-2.0 F100; X-34.764 Y50.526; X-44.912 Y57.652; X-77.949 Y16.41; X-70.391 Y8.853; X-52.578 Y29.69; G00 Z5.0; M09; M05; M30;	宽 20mm 凸台加工程序, 保证尺寸 20 ⁰ _{-0.021} mm, 30mm, 45mm, 50°, 47mm 用 φ16mm 立铣刀, 02 号刀补
			O0125; G90 G94 G40 G21 G17 G54; M03 S600; M08; G00 Z5.0; G00 X-74.177 Y53.060; Z1.0; G01 Z-10.0 F100; X-68.354 Y60.0; X-80.0; Y46.121; X-74.177 Y53.060; G00 Z5.0; X70.4 Y0.0; Z1.0; G01 Z-10.0 F100;	去余量加工程序 用 φ16mm 立铣刀

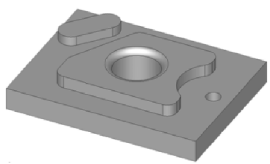
(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
3	加工件 2 两个凸台		Y9.739; G02 X63.467 Y1.846 R33.6; G03 Y-1.846 R2.4; G02 X70.4 Y-9.739 R33.6; G01 Y0.0; X80.0; Y50.178; X70.4; Y50.4; X70.114; X70.4 Y49.956; Y50.178; X80.0; Y60.0; X-25.763; X-22.658 Y54.135; X42.0 Y56.0; G02 X66.0 Y32.0 R24.0; G01 Y27.695; G02 X57.333 Y9.232 R24.0; G03 Y-9.232 R12.0; G02 X66.0 Y-27.695 R24.0; G01 Y-32.0; G02 X42.0 Y-56.0 R24.0; G01 X-61.625; Y-3.561; X-80.0 Y-0.069; Y-60.0; X-70.812; Y-52.0; X-69.625; Y-10.184; X-72.0 Y-9.732; Y-52.0; X-70.812; Y-60.0; X70.257; Y-50.4; X70.4; Y-49.956; X70.114 Y-50.4; X70.257; Y-60.0; X80.0;	去余量加工程序 用 $\phi 16\text{mm}$ 立铣刀

(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
3	加工件 2 两个凸台		Y0.0; G00 Z5.0; M09; M05; M30;	去余量加工程序 用 $\phi 16\text{mm}$ 立铣刀
4	件 2 $\phi 12\text{mm}$ 孔		O0126; G90 G94 G40 G21 G17 G54; M03 S900; M08; G00 Z50.0; X65.0 Y0; G83 X65.0 Y0 Z-15.0 R5.0 Q5.0 F100; G80; M09; M05; M30;	件 2 $\phi 12\text{mm}$ 孔加工程序。在钻孔之前先用中心钻定位, 保证尺寸 $\phi 12^{+0.018}_0 \text{mm}$, $Ra1.6\mu\text{m}$
5	件 2 $\phi 38\text{mm}$ 孔		O0127; G90 G94 G40 G21 G17 G54; M03 S900; M08; G00 Z50.0; X0 Y0; G90 G85 X0 Y0 Z-30.0 R5.0 F100; G80; M09; M05; M30;	件 2 $\phi 38\text{mm}$ 孔镗孔程序。保证尺寸 $\phi 38^{+0.025}_0 \text{mm}$, $Ra1.6\mu\text{m}$ 在镗孔之前先将孔加工至 $\phi 37.5\text{mm}$, 然后用 $\phi 38\text{mm}$ 镗刀镗孔
			O0128; G90 G94 G40 G21 G17 G54; M03 S600; M08; G00 Z5.0; X0 Y0 ; Z0; G01 X17.0 F60; #1 = 0; #2 = -7; N123 #3 = 7 + #1; #4 = SQRT [7 * 7 - #3 * #3];	R5mm 圆角加工程序, 用 $\phi 14\text{mm}$ 立铣刀

(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
5	件2 φ38mm 孔		<pre>#5 = 17 - #4; G01 X [#5] Y0 Z [#1] F1000; G02 I [-#5] J0; #1 = #1 - 0.02; IF [#1GE#2] GOTO123; G00 Z50.0; M05; M09; M30;</pre>	R5mm 圆角加工程序 ，用 φ14mm 立铣刀

五、样例小结

本例件1及件2都选用机用平口钳装夹，在校正时，要反复多次进行才能完成，因此工件的装夹与校正一定要耐心细致地进行，否则达不到理想的校正效果。

职业技能鉴定样例 17

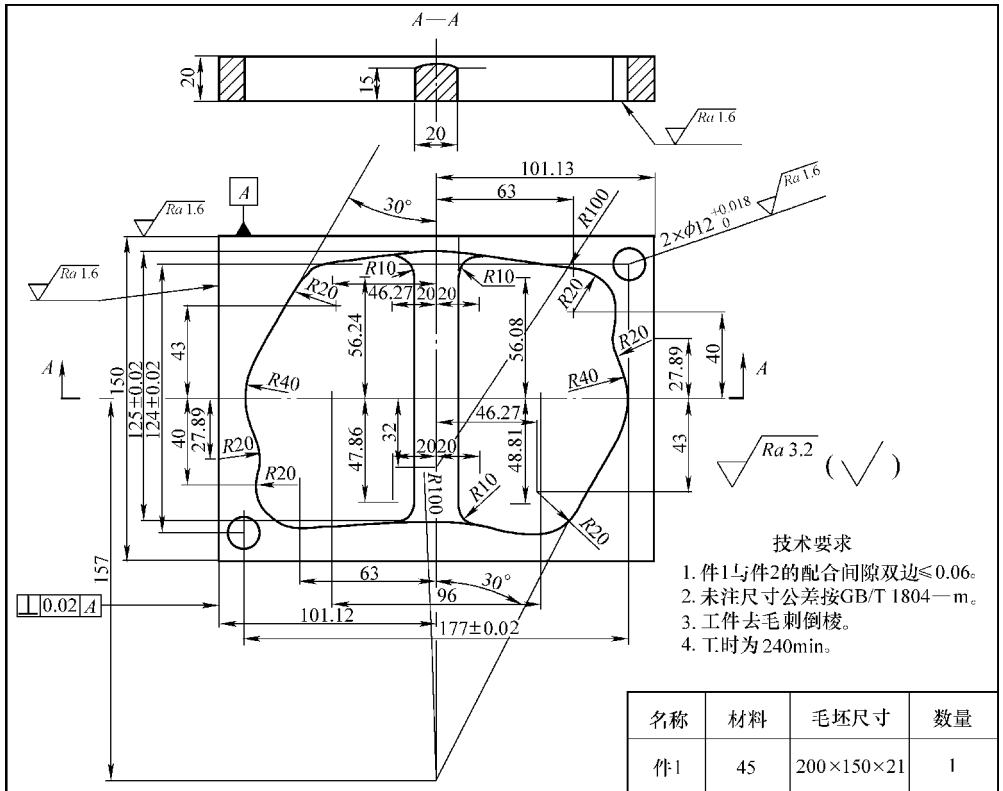
考核目标

- 1) 掌握宏程序编程的应用方法。
- 2) 掌握对称形状工件的加工方法。
- 3) 能编制数控程序进行复杂工件的加工。

一、考核要求

1. 总体要求

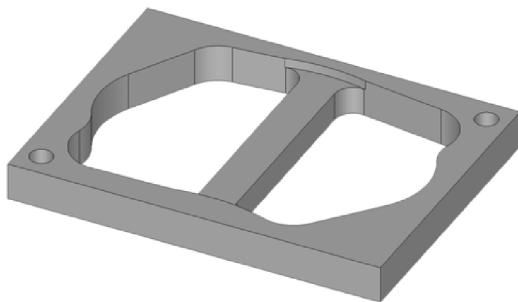
加工图 17-1 所示工件，试分析其加工工艺，并编写数控加工程序。本题分值为 100 分，考核时间为 240min。



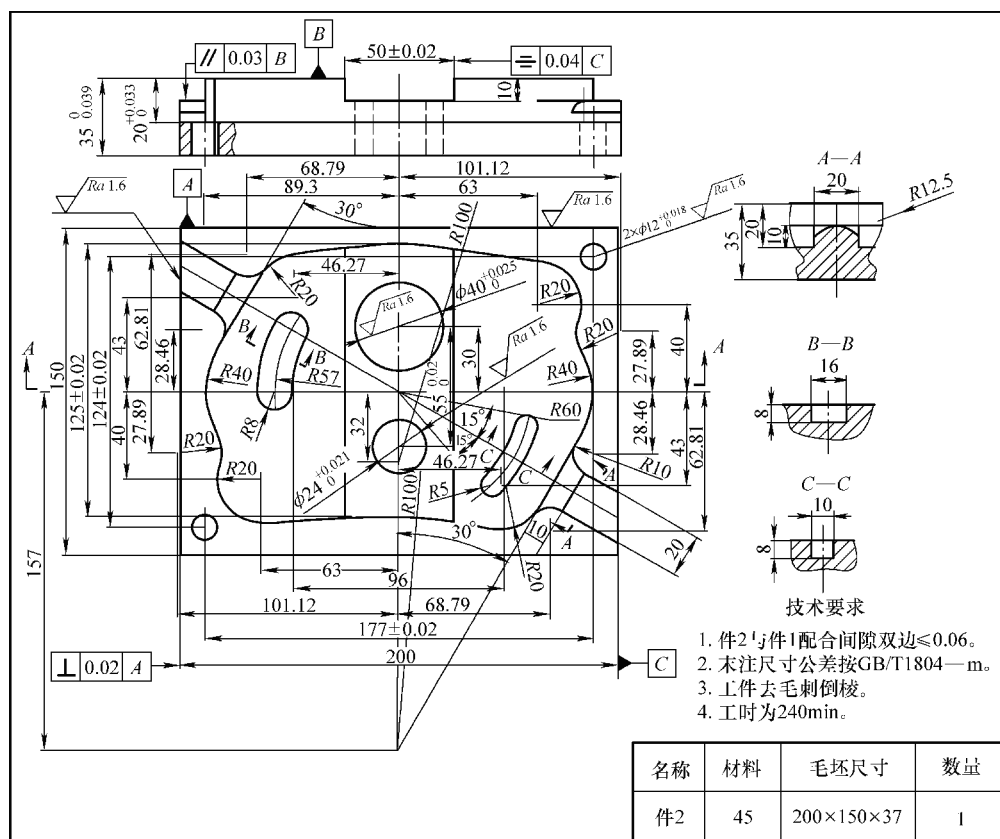
a)

图 17-1 工件 17

a) 件 1 零件图



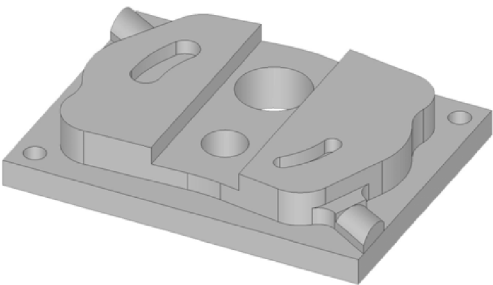
b)



c)

图 17-1 工件 17 (续)

b) 件 1 实体图 c) 件 2 零件图



d)

图 17-1 工件 17（续）
d) 件 2 实体图

2. 配分及评分标准

- 1) 操作技能考核总成绩见表 1-1。
- 2) 现场操作规范评分见表 1-2。
- 3) 工件质量评分见表 17-1。

表 17-1 工件质量评分表

序号	考核内容	考核要点	配分	评分标准	得分
1	件 1	30°	4	超差不得分	
2		(125 ± 0. 02) mm	2	超差不得分	
3		$\phi 12^{+0.018}_0$ mm	6	超差 0. 01 mm 扣 2 分	
4		(177 ± 0. 02) mm	2	超差不得分	
5		(124 ± 0. 02) mm	2	超差不得分	
6	件 2	$35^{+0}_{-0.039}$ mm	6	超差 0. 01 mm 扣 2 分	
7		$\phi 12^{+0.018}_0$ mm	8	超差 0. 01 mm 扣 4 分	
8		(177 ± 0. 02) mm	2	超差不得分	
9		(124 ± 0. 02) mm	2	超差不得分	
10		$\phi 40^{+0.025}_0$ mm	6	超差 0. 01 mm 扣 2 分	
11		$\phi 24^{+0.021}_0$ mm	8	超差 0. 01 mm 扣 4 分	
12		$55^{+0.02}_0$ mm	6	超差 0. 01 mm 扣 2 分	
13		(50 ± 0. 02) mm	2	超差不得分	
14		30°	4	超差不得分	
15		(125 ± 0. 02) mm	4	超差不得分	
16		$20^{+0.033}_0$ mm	4	超差 0. 01 mm 扣 2 分	
17		R12. 5mm	2	超差不得分	
18		20mm	2	超差不得分	

(续)

序号	考核内容	考核要点	配分	评分标准	得分						
19	表面粗糙度和几何公差	$Ra1.6\mu m$	4	超差一处扣2分，不倒扣							
20		<table><tr><td>$\sqrt{\text{ }}$</td><td>0.03</td><td>B</td></tr><tr><td>$\perp$</td><td>0.02</td><td>A</td></tr></table>	$\sqrt{\text{ }}$	0.03	B	$\perp$	0.02	A	4	超差一处扣2分，不倒扣	
$\sqrt{\text{ }}$		0.03	B								
$\perp$	0.02	A									
21	<table><tr><td>$\equiv$</td><td>0.04</td><td>C</td></tr></table>	$\equiv$	0.04	C	4	错一处扣2分，不倒扣					
$\equiv$	0.04	C									
22	程序编制	指令正确，程序完整	2	不合理每处扣1分							
		数值计算正确，计算简化，有一定技巧	2	不合理每处扣1分							
		刀具补偿功能运用正确、合理	2	不合理每处扣1分							
		切削参数、坐标系选择正确	2	不合理每处扣1分							
23	加工工艺	工件定位、夹紧及刀具选择合理	2	不合理每处扣2分							
		加工顺序及刀具轨迹路线合理	2								
24	其他项目	工件完整、局部无缺陷	2	出现一处不得分							
		工件按时完成	2	超时不得分							
合 计											

二、加工准备

(1) 设备、材料准备（见表 17-2）

表 17-2 设备、材料准备

序号	名 称	规 格	单位	数量	备 注
1	数控铣床	400mm×800mm	台	1	
2	毛 坯	200mm×150mm×21mm	件	1	45 钢
3	毛 坯	200mm×150mm×37mm	件	1	45 钢

(2) 工、量、刃具准备（见表 17-3）

表 17-3 工、量、刃具准备 (单位：mm)

序号	名 称	规 格	数量	备 注
1	游标卡尺	0.02/0~200	1	
2	游标万能角度尺	2′/0°~320°	1	
3	千分尺	0~25、25~50	各 1	

(续)

序号	名 称	规 格	数量	备 注
4	百分表	0.01/0 ~ 10	1	
5	磁性表座		1	
6	内径量表	0.01/18 ~ 35, 0.01/35 ~ 50	各 1	
7	内径千分尺	0.01/25 ~ 50, 0.01/0 ~ 25	1	
8	通止规	φ12H8	1	
9	游标深度卡尺	0.02/0 ~ 100	1	
10	深度千分尺	0.01/0 ~ 25	1	
11	半径样板	R7 ~ R14.5、R15 ~ R25、R25 ~ R50	各 1	
12	塞尺	0.02 ~ 1	1 副	
13	钻头	中心钻, φ11.8、φ12	各 1	
14	机用铰刀	φ12H8	各 1	
15	立铣刀	φ8、φ10、φ12、φ16	各 1	
16	面铣刀	φ60 (R 型面铣刀片)	1	
17	精镗刀头	φ18 ~ φ35	各 1	
18	刀柄、夹头	以上刀具相关刀柄、钻夹头、弹簧夹	若干	
19	夹具	精密平口钳及垫铁	1	
20	其他	常用数控铣床辅具	若干	

三、零件加工要求分析

1. 图样分析

(1) 工件类型 该工件属于装配工件，主要加工平面、平面上的外轮廓、内轮廓及孔系。

(2) 工件材料及毛坯 该工件的材质均为 45 钢。毛坯外形分别为 200mm × 150mm × 21mm、200mm × 150mm × 37mm 的四面体，四面相互平行，外形易于装夹。

(3) 加工内容及要求 该工件主要由平面、圆弧表面、曲线轮廓、孔系组成。按照工件的形状特点，该工件 1 的主要加工内容分为型腔轮廓加工和孔加工两部分；工件 2 的主要加工内容分为曲线轮廓加工、孔加工和槽加工三部分。

工件 1：

1) 轮廓加工。规则型腔轮廓，轮廓尺寸为(125 ± 0.02) mm，(177 ± 0.02) mm，

(124 ± 0.02) mm, $R10\text{mm}$, $R20\text{mm}$, $R40\text{mm}$, $R100\text{mm}$, 30° , 周边的表面粗糙度为 $Ra3.2\mu\text{m}$ 。

2) 孔加工。两个通孔 $\phi 12^{+0.018}_0\text{mm}$, 表面粗糙度为 $Ra1.6\mu\text{m}$ 。

工件 2:

1) 轮廓加工。

① 不规则凸台轮廓, 高度为 $20^{+0.033}_0\text{mm}$, 轮廓尺寸为 (125 ± 0.02) mm, (177 ± 0.02) mm, (124 ± 0.02) mm, $R10\text{mm}$, $R20\text{mm}$, $R40\text{mm}$, $R100\text{mm}$, 30° , 曲线外轮廓周边的表面粗糙度为 $Ra3.2\mu\text{m}$ 。

② 凸台轮廓, 高度为 10mm, 保证尺寸 20mm, 10mm, $R12.5\text{mm}$, 周边的表面粗糙度为 $Ra3.2\mu\text{m}$ 。

2) 孔加工。

① 一个通孔 $\phi 40^{+0.025}_0\text{mm}$, 表面粗糙度为 $Ra1.6\mu\text{m}$ 。

② 一个通孔 $\phi 24^{+0.021}_0\text{mm}$, 表面粗糙度为 $Ra1.6\mu\text{m}$ 。

③ 两个通孔 $\phi 12^{+0.018}_0\text{mm}$, 表面粗糙度为 $Ra1.6\mu\text{m}$ 。

3) 槽加工。

① 一个宽槽, 保证尺寸 (50 ± 0.02) mm, 10mm。

② 一个圆弧槽, 保证尺寸 $R57\text{mm}$, $R8\text{mm}$ 。

③ 一个圆弧槽, 保证尺寸 $R5\text{mm}$, 15° 。

2. 工艺分析

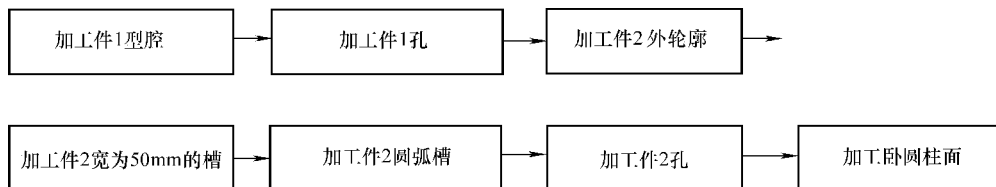
(1) 确定工艺基准 加工该工件, 选择底面为装夹定位基准。

(2) 工艺方案 通过对图样及加工难点的分析, 该工件可以分两道工序完成:

工序一: 以工件 1 底面和侧面找正定位夹紧, 加工工件 1 各型腔轮廓并钻、铰 $\phi 12^{+0.018}_0\text{mm}$, 保证其与四周的对称度。

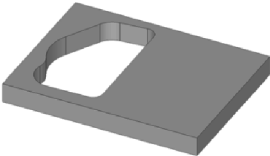
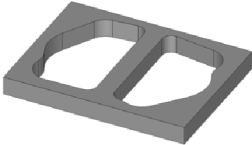
工序二: 以工件 2 底面和侧面找正定位夹紧, 加工工件 2 各轮廓并钻、铰、镗 $\phi 12^{+0.018}_0\text{mm}$, $\phi 24^{+0.021}_0\text{mm}$, $\phi 40^{+0.025}_0\text{mm}$, 保证其与四周的对称度。

具体的加工路线如下:

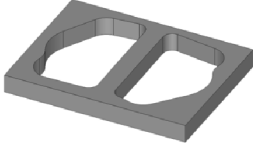
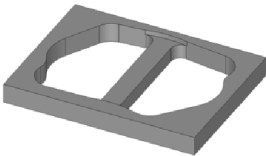


四、程序编制（见表 17-4）

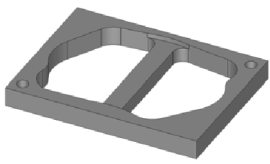
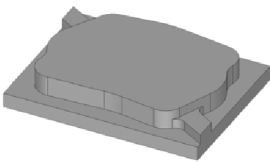
表 17-4 参考程序

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
1	加工件 1 型腔		O0131; G90 G94 G40 G21 G17 G54; M03 S600; M08; G00 Z5.0; G00 X-64.454 Y31.5; Z1.0; M98 P0132L4; M09; M05; M30;	件 1 左侧型腔加工主 程序。保证尺寸 R20mm, R40mm, R10mm, 30° (125 ± 0.02) mm, 63mm, 20mm, Ra1.6μm 用 φ16mm 立铣刀, 01 号刀补
			O0132; G91 Z-6.0; G90 G42 G01 X-73.115 Y36.5 D01; X-63.588 Y53.0; G02 X-48.311 Y62.895 R20.0; G01 X-21.021 Y65.697; G02 X-10.0 Y55.75 R10.0; G01 Y-48.833; G02 X-19.728 Y-58.83 R10.0; G01 X-62.456 Y-59.993; G02 X-82.062 Y-33.946 R20.0; G03 X-83.415 Y-18.594 R20.0; G02 X-82.641 Y20.0 R40.0; G01 X-73.115 Y36.5; G40 G01 X-64.454 Y31.5; M99;	件 1 左侧型腔加工子 程序
			O0133; G90 G94 G40 G21 G17 G54; M03 S600; M08; G00 Z5.0; G00 X20.0 Y3.458; Z1.0; M98 P0134L4; M09; M05; M30;	件 1 右侧型腔加工主 程序, 保证尺寸 R20mm, R40mm, R10mm, 30°, (125 ± 0.02) mm, 63mm, 20mm, Ra1.6μm 用 φ10mm 立铣刀, 01 号刀补

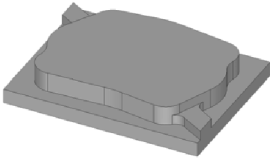
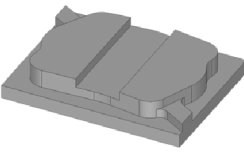
(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
1	加工件 1 型腔		O0134; G91 G01 Z-6.0 F100; G90 G42 G01 X10.0 D01; Y55.75; G02 X21.068 Y65.692 R10.0; G01 X65.136 Y59.886; G02 X82.062 Y33.946 R20.0; G03 X83.415 Y18.594 R20.0; G02 X78.363 Y-26.04 R40.0; G01 X52.652 Y-56.02; G02 X31.225 Y-62.0 R20.0; G03 X18.182 Y-58.667 R100.0; G02 X10.0 Y-48.833 R10.0; G01 Y3.458; G40 X20.0; M99;	件 1 左侧型腔加工子程序
			O0135; G90 G94 G40 G21 G17 G54; M03 S600; M08; G00 X-33.603 Y45.776; Z1.0; G01 Z-5.0 F100; X-33.776 Y46.557; G42 G02 X-21.612 Y65.637 R16.0; X21.788 Y65.598 R100.0; X33.917 Y46.496 R16.0; G01 X33.743 Y45.715; G00 X-36.97 Y-45.056; G01 X-36.824 Y-45.843; G03 X-18.182 Y-58.667 R16.0; G02 X18.182 R100.0; G03 X36.824 Y-45.843 R16.0; G40 G01 X36.97 Y-45.056; G00 Z5.0; G00 Z5.0; G00 X0.0 Y52.0; Z1.0; G01 Z-5.0 F100; G03 X-10.0 Y51.403 R84.0; G01 Y-41.432; G02 X10.0 R116.0; G01 Y51.403; G03 X0.0 Y52.0 R84.0; G00 Z5.0; M09; M05; M30;	中间肋板加工程序 用 $\phi 16\text{mm}$ 立铣刀, 01 号刀补

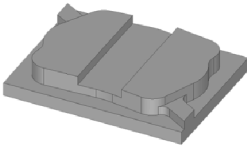
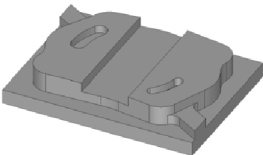
(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
2	加工件 1 孔		O0136; G90 G94 G40 G21 G17 G54; M03 S900; M08; G00 Z50.0; X88.5 Y62.0; G83 X88.0 Y62.0 Z25.0 R5.0 Q5.0 F100; X-88.5 Y-62.0; G80; M09; M05; M30;	件 1 孔加工程序 , 保证尺寸 $\phi 12^{+0.018}_0$ mm, (177 $\pm$ 0.02) mm, (124 $\pm$ 0.02) mm。 Ra1.6 μ m 用 $\phi 12$ mm 钻头
3	加工件 2 外轮廓		O0137; G90 G94 G40 G21 G17 G54; M03 S600; M08; G00 Z10.0; G00 X0.0 Y0.0; X-105.0 Y37.528; Z0; M98 P0138L4 G00 X0.0 Y0.0; X93.46 Y-20.808; Z1.0; G01 Z-10.0 F100; G41 X84.26 Y-16.889 D01; X69.584 Y-51.342; G02 X48.649 Y-62.809 R20.0; G40 G01 X47.27 Y-72.713; G00 Z10.0; X-91.301 Y25.0; Z1.0; G01 Z-10.0 F100; G41 X-82.641 Y20.0 D01; X-63.588 Y53.0; G02 X-48.662 Y62.856 R20.0; G01 X-49.86 Y72.784; G00 Z10.0; M09; M05; M30;	件 2 外轮廓加工主程序 , 保证尺寸 R20mm, R40mm, R10mm, 30°, (125 $\pm$ 0.02) mm, 63mm, 20mm, Ra1.6 μ m 用 $\phi 16$ mm 立铣刀, 01 号刀补

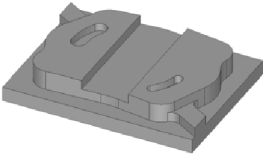
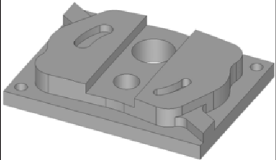
(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
3	加工件 2 外轮廓		<pre> O0138; G91 G01 Z-5.0; G90 G42 G01 X-100.0 Y46.188 D01 F100; X-84.301 Y37.124; G02 X-80.641 Y23.464 R10.0; G01 X-82.641 Y20.0; G03 X-83.415 Y-18.594 R40.0; G02 X-82.062 Y-33.946 R20.0; G03 X-62.001 Y-59.975 R20.0; G01 X-4.994 Y-57.125; G02 X13.79 Y-57.955 R100.0; G01 X48.649 Y-62.809; G03 X65.202 Y-57.481 R20.0; G02 X77.1 Y-56.061 R10.0; G01 X100.0 Y-69.282; G40 X95.0 Y-77.942; G00 Z10.0; X105.0 Y-37.528; Z1.0; G01 Z-20.0 F100; G42 G01 X100.0 Y-46.188 D01; X85.021 Y-37.54; G02 X80.821 Y-24.961 R10.0; G01 X84.26 Y-16.889; G03 X83.415 Y18.594 R40.0; G02 X82.062 Y33.946 R20.0; G03 X65.758 Y59.809 R20.0; G01 X13.79 Y67.045; G03 X-11.973 Y67.281 R100.0; G01 X-48.662 Y62.856; G03 X-61.286 Y56.208 R20.0; G02 X-73.795 Y54.152 R10.0; G01 X-100.0 Y69.282; G40 X-95.0 Y77.942; G00 Z10.0; M99; </pre>	件 2 外轮廓子程序
4	加工件 2 宽为 50mm 的槽		<pre> O0139; G90 G94 G40 G21 G17 G54; M03 S600; M08; G00 Z5.0; G00 X-15.0 Y65.71 Z5.0 M08; Z1.0; G01 Z-10.0 F100; G41 X-25.0 Y65.71 D01 F100; Y-58.125; Y-68.125; X-23.0; </pre>	件 2 宽为 50mm 槽 加工程序。保证尺寸 (50±0.02) mm 用 φ16mm 立铣刀, 01 号刀补

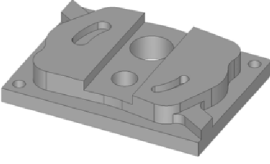
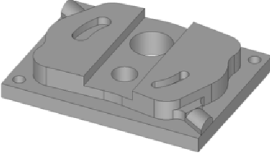
(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
4	加工件 2 宽为 50mm 的槽		G00 Z5.0; X15.0 Y-69.516; Z1.0; G01 Z-10.0 F100; X25.0; Y-59.516; Y65.484; G40 X23.0; G00 Z5.0; G00 X15.0 Y-58.028; Z1.0; G01 Z-10.0 F100; X14.999 Y-58.027; Y66.78; X12.411 Y67.14; X6.632 Y67.755; X2.199 Y67.939; Y-57.052; X-0.36 Y-57.001; X-5.493 Y-57.137; X-10.601 Y-57.393; Y67.368; X-10.775 Y67.353; X-15.0 Y66.843; Y-57.613; G00 Z5.0; M09; M05; M30;	件 2 宽为 50mm 槽 加工程序。保证尺寸 (50 ± 0.02) mm 用 $\phi 16$ mm 立铣刀, 01 号刀补
5	加工件 2 圆弧槽		O0140; G90 G94 G40 G21 G17 G54; M03 S600; M08; G00 Z5.0; G00 X-57.0 Y-3.0; Z1.0; G01 Z-8.0 F100; G42 G01 X-57.0 Y-8.0 D03; G02 X-65.0 Y0.0 R8.0; X-56.292 Y32.5 R65.0;	件 2 圆弧槽加工程 序。保证尺寸 R57mm, R8mm, R60mm, 15°, 16mm, 8mm, 10mm 用 $\phi 8$ mm 立铣刀, 03 号刀补

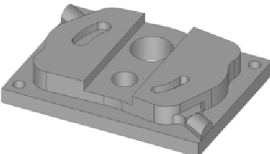
(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
5	加工件 2 圆弧槽		<pre> X -42.435 Y24.5 R8.0; G03 X -49.0 Y0.0 R49.0; G02 X -57.0 Y -8.0 R8.0; G40 G01 Y -3.0; G00 Z5.0; X55.058 Y -14.753; Z1.0; G01 Z -8.0 F100; G42 G01 X56.352 Y -9.923 D03; G02 X59.887 Y -16.047 R5.0; X43.841 Y -43.841 R62.0; X36.77 Y -36.77 R5.0; G03 X50.228 Y -13.459 R52.0; G02 X56.352 Y -9.923 R5.0; G40 G01 X55.058 Y -14.753; G00 Z5.0; M09; M05; M30; </pre>	件 2 圆弧槽加工程序。保证尺寸 $R57\text{mm}$, $R8\text{mm}$, $R60\text{mm}$, 15°, 16mm, 8mm, 10mm 用 $\phi 8\text{mm}$ 立铣刀, 03 号刀补
6	加工件 2 孔		<pre> O0141; G90 G94 G40 G21 G17 G54; M03 S900; M08; G00 Z50.0; X88.5 Y62.0; G83 X88.0 Y62.0 Z25.0 R5.0 Q5.0 F100; X -88.5 Y -62.0; G80; M09; M05; M30; </pre>	件 2 孔加工程序。保证尺寸 $\phi 12^{+0.018}_0 \text{mm}$, $(177 \pm 0.02) \text{mm}$, $(124 \pm 0.02) \text{mm}$, $Ra1.6\mu\text{m}$ 用 $\phi 12\text{mm}$ 钻头
			<pre> O0142; G90 G94 G40 G21 G17 G54; M03 S900; M08; G00 Z50.0; X0 Y -25.0; G90 G85 X0 Y -25.0 Z -35.0 R5.0 F100; </pre>	镗 $\phi 24\text{mm}$ 孔加工程序。保证孔径尺寸 $\phi 24^{+0.021}_0 \text{mm}$, 位置尺寸 $55^{+0.02}_0 \text{mm}$ 在镗孔前先将孔加工到 $\phi 23.4\text{mm}$, 然后用 $\phi 24\text{mm}$ 镗刀加工

(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
6	加工件 2 孔		G80; M09; M05; M30;	镗 $\phi 24\text{mm}$ 孔加工程序。 保证孔径尺寸 $\phi 24_{+0.021}^0\text{mm}$, 位置尺寸 $55_{+0.02}^0\text{mm}$ 在镗孔前先将孔加工到 $\phi 23.4\text{mm}$, 然后用 $\phi 24\text{mm}$ 镗刀加工
			O0143; G90 G94 G40 G21 G17 G54; M03 S900; M08; G00 Z50.0; X0 Y30.0; G90 G85 X0 Y30.0 Z - 35.0 R5.0 F100; G80; M09; M05; M30;	镗 $\phi 40\text{mm}$ 孔加工程序。 保证孔径尺寸 $\phi 40_{+0.025}^0\text{mm}$, 位置尺寸 30mm 在镗孔前先将孔加工到 $\phi 39.5\text{mm}$, 然后用 $\phi 40\text{mm}$ 镗刀加工
7	加工卧圆柱面		O0144; G90 G94 G40 G21 G17 G54; M03 S600; M08; G00 Z10.0; G68 X0 Y0 R150; M98 P0145; G68 X0 Y0 R330; M98 P0145; G00 Z150.0; M09; M05; M30;	卧圆柱面加工主程序。 保证尺寸 10mm , 20mm , 35mm , $R12.5\text{mm}$ 用 $\phi 12\text{mm}$ 立铣刀
			O0145; G00 X121.5 Y - 16.0; Z - 15.0; #1 = 121.5; # = 91.57; WHILE #1 GE #2 DO1; #3 = #1 - 0.025;	卧圆柱面加工子程序

(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
7	加工卧圆柱面		<pre> G01 X [#1] Z-15.0 F1000; G19 G02 Y-6.0 Z-10.0 R12.5; G01 Y6.0; G02 Y16.0 Z-15.0 R12.5; G01 X [#3]; G03 Y6.0 Z-10.0 R12.5; G01 Y-6.0; G03 Y-16.0 Z-15.0 R12.5; #1 = #1 -0.05; END 1; G17 G00 Z10.0; M99; </pre>	卧圆柱面加工子程序

五、样例小结

对于对称形状的工件，可采用调用子程序的方法进行编程，可以大大简化编程的工作量。

职业技能鉴定样例 18

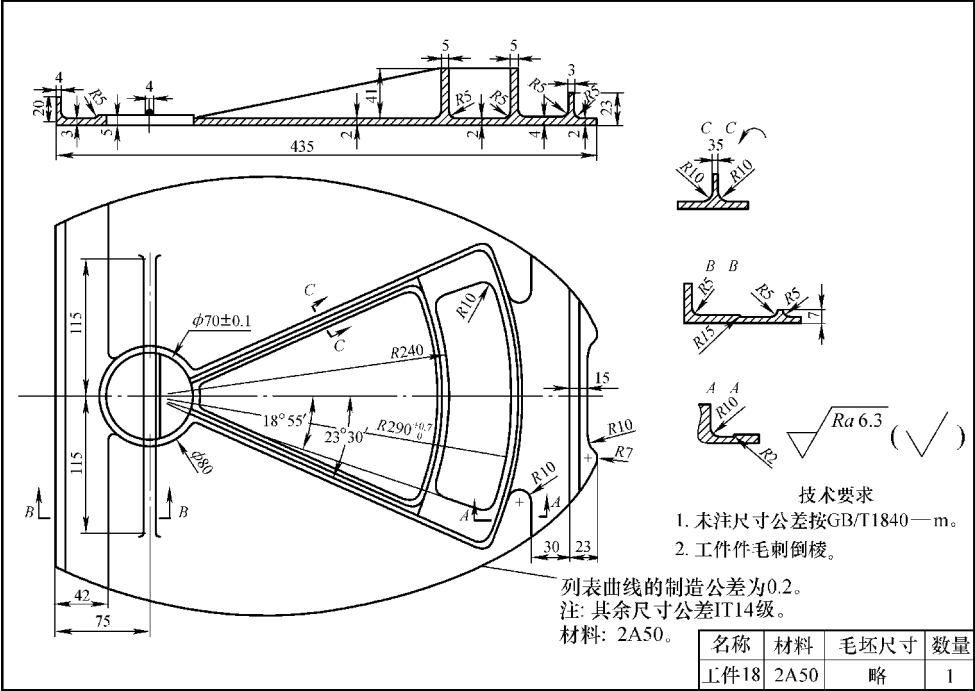
考核目标

- 1) 掌握子程序编程的应用方法。
- 2) 掌握支架零件的加工方法。
- 3) 能编制数控程序进行支架零件的加工。

一、考核要求

1. 总体要求

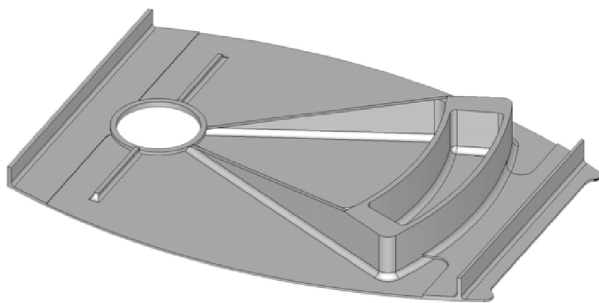
加工图 18-1 所示工件，试分析其加工工艺，并编写数控加工程序。本题分值为 100 分，考核时间为 240min。



a)

图 18-1 工件 18

a) 零件图



b)

图 18-1 工件 18 (续)

b) 实体图

2. 配分及评分标准

- 1) 操作技能考核总成绩见表 1-1。
- 2) 现场操作规范评分见表 1-2。
- 3) 工件质量评分见表 18-1。

表 18-1 工件质量评分表

序号	考核内容	考核要点	配分	评分标准	得分
1	尺寸	$\phi(70 \pm 0.1)\text{mm}$	4	超差不得分	
2		$\phi 80\text{mm}$	4	超差不得分	
3		$R240\text{mm}$	4	超差不得分	
4		$R290^{+0.7}_0\text{mm}$	6	超差不得分	
5		$18^\circ 55'$	6	超差不得分	
6		$23^\circ 30'$	4	超差不得分	
7		42mm、75mm、30mm、23mm	16	超差不得分	
8		$R10\text{mm}$ 、 $R5\text{mm}$ 、 $R7\text{mm}$ 、 $R1.5\text{mm}$	16	超差不得分	
9	表面粗糙度	$Ra1.6\mu\text{m}$	4	超差一处扣 2 分, 不倒扣	
10		$Ra3.2\mu\text{m}$	4	超差一处扣 2 分, 不倒扣	
11	程序编制	指令正确, 程序完整	4	不合理每处扣 1 分	
		数值计算正确, 计算简化, 有一定技巧	4	不合理每处扣 1 分	
		刀具补偿功能运用正确、合理	4	不合理每处扣 1 分	
		切削参数、坐标系选择正确	4	不合理每处扣 1 分	

(续)

序号	考核内容	考核要点	配分	评分标准	得分
12	加工工艺	工件定位、夹紧及刀具选择合理	4	不合理每处扣 2 分	
		加工顺序及刀具轨迹路线合理	4		
13	其他项目	工件完整、局部无缺陷	4	出现一处不得分	
		工件按时完成	4	超时不得分	
合 计					

二、加工准备

(1) 设备、材料准备 (见表 18-2)

表 18-2 设备、材料准备

序号	名 称	规 格	单位	数量	备 注
1	加工中心	400mm × 800mm	台	1	
2	铸造毛坯	材料为 2A50	件	1	

(2) 工、量、刀具准备 (见表 18-3)

表 18-3 工、量、刀具准备 (单位: mm)

序号	名 称	规 格	数量	备 注
1	游标卡尺	0.02/0 ~ 200	1	
2	游标万能角度尺	2' / 0° ~ 320°	1	
3	千分尺	0 ~ 25、25 ~ 50、50 ~ 75、75 ~ 100、100 ~ 125	各 1	
4	百分表	0.01/0 ~ 10	1	
5	磁性表座		1	
6	内径量表	0.01/18 ~ 35	1	
7	内径千分尺	0.01/25 ~ 50	1	
8	游标深度卡尺	0.02/0 ~ 100	1	
9	深度千分尺	0.01/0 ~ 25	1	
10	半径样板	R1 ~ R6.5、R7 ~ R14.5	各 1	
11	塞尺	0.02 ~ 1	1 副	
12	钻头	中心钻, $\phi 10.4$ 、 $\phi 20$ 、 $\phi 32$	各 1	
13	立铣刀	$\phi 20$ (圆角 R5)	1	
14	可转位面铣刀	$\phi 80$	1	

(续)

序号	名 称	规 格	数 量	备 注
15	球头铣头	$\phi 20$	1	
16	刀柄、夹头	以上刀具相关刀柄、钻夹头、弹簧夹	若干	
17	夹具	精密平口钳及垫铁	1	
18	其他	常用数控铣床辅具	若干	

三、零件加工要求分析

1. 图样分析

(1) 工件类型 该工件属于薄板类工件，主要加工平面、平面上的轮廓曲线及孔系。

(2) 工件材料及毛坯 该工件的材质为 2A50。毛坯外形与零件相似，各处均有单边加工余量 5mm，采用真空夹具装夹。

(3) 加工内容及要求 该工件主要由平面、曲线轮廓、孔系组成。按照工件的形状特点，该工件的主要加工内容分为轮廓加工和孔加工两部分。

1) 轮廓加工。

① 不规则曲线轮廓，铣型面轮廓周边圆角 $R5\text{mm}$ ，保证尺寸 42mm、75mm、30mm、23mm，曲线轮廓周边的表面粗糙度为 $Ra6.3\mu\text{m}$ 。

② 不规则曲线轮廓，铣扇形框内外 $R10\text{mm}$ 的底圆角，保证尺寸 $R240\text{mm}$ 、 $R290^{+0.7}_0\text{mm}$ 、 $18^\circ55'$ 、 $23^\circ30'$ ，表面粗糙度为 $Ra6.3\mu\text{m}$ 。

③ 不规则曲线轮廓，铣周边外形，保证尺寸 $\phi 80\text{mm}$ ， $R10\text{mm}$ 、 $R5\text{mm}$ 、 $R7\text{mm}$ 、 $R1.5\text{mm}$ ，表面粗糙度为 $Ra6.3\mu\text{m}$ 。

2) 孔加工。一个孔 $\phi(70 \pm 0.1)\text{mm}$ ，表面粗糙度为 $Ra6.3\mu\text{m}$ 。

2. 工艺分析

(1) 确定工艺基准 选择底面、 $\phi 70\text{mm}$ 孔位置上预制的 $\phi 20\text{H7}$ 工艺孔以及工艺凸耳上的工艺孔为定位基准，即“一面两孔”定位。相应的夹具定位组件为“一面两销”。

如图 18-2 所示即为支架零件专用过渡真空平台简图。利用真空吸紧工件，夹紧面积大，刚性好，铣削时不易产生振动，尤其适用于薄板件装夹。为防抽真空装置发生故障或漏气，使夹紧力消失或下降，可另加辅助夹紧装置，避免工件松动。如图 18-3 所示为加工装夹示意图。

(2) 难点分析 工艺措施如下

- 1) 采用真空夹具，提高薄板件的装夹刚性。
- 2) 安排粗、精加工及钳工矫形。
- 3) 采用小直径铣刀加工，减小切削力。

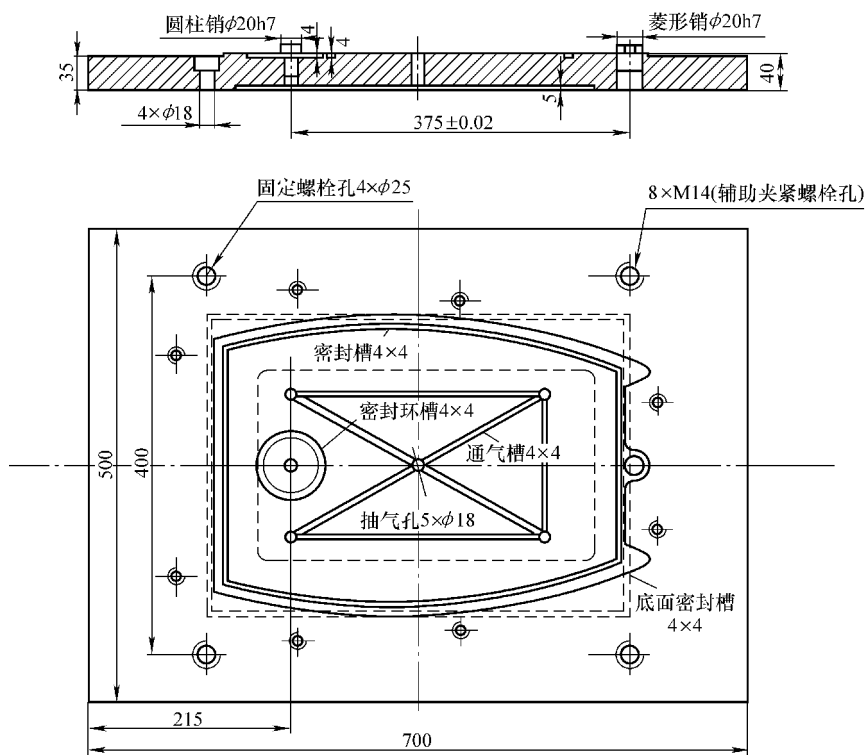


图 18-2 支架零件专用过渡真空平台简图

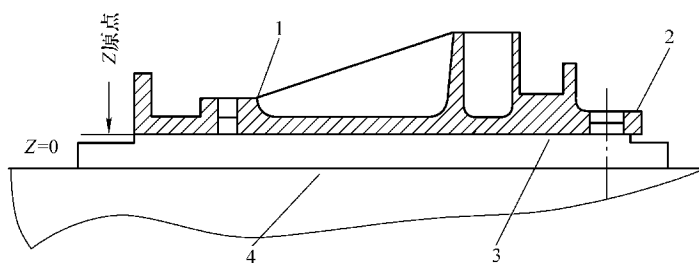


图 18-3 加工装夹示意图

4) 先铣加强肋, 后铣腹板, 最后铣外形及 $\phi 70\text{mm}$ 孔, 有利于提高刚性, 防止振动。

5) 在毛坯右侧对称轴线处增加一工艺凸耳, 并在该凸耳上加工一工艺孔, 解决缺少的定位基准。

6) 腹板与扇形框周缘相接处的底圆角半径 $R10\text{mm}$, 采用直径为 $\phi 20\text{mm}$ 的球头成形铣刀 (带 7° 斜角) 补加工完成。

(3) 工艺方案 通过对图样及加工难点的分析, 该工件工序为: 以工件底面、

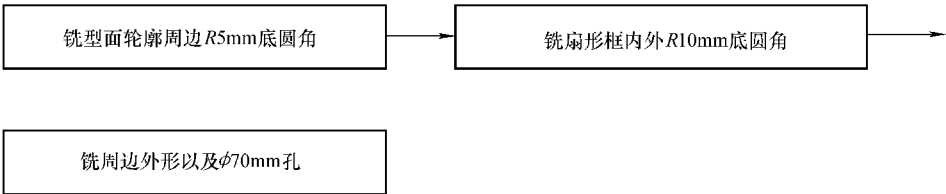
$\phi 70\text{mm}$ 孔位置上预制的 $\phi 20\text{H7}$ 工艺孔以及工艺凸耳上的工艺孔定位，用真空平台夹紧。其工序分为三个工步：

工步一：铣型面轮廓周边 $R5\text{mm}$ 圆角。

工步二：铣扇形框内外形。

工步三：铣外形及 $\phi 70\text{mm}$ 孔。

具体的加工路线如下：



四、程序编制（见表 18-4）

表 18-4 参考程序

序号	操作项目	程序	操作内容及注意事项
1	铣型面轮廓周边 $R5\text{mm}$ 底圆角	O1101; T01 M06; G90 G00 G54 X0 Y0 Z200.0; S800 M03; M98 P1000; G00 Z200.0; X0 Y0; G91G28 Z0; T02 M06; S800 M03; M98 P2000; G00 Z200.0; X0 Y0; G91G28 Z0; T03 M06; S800 P3000; G00 Z200.0; X0 Y0; M30;	零件加工主程序。以底面 $\phi 70\text{mm}$ 孔中心为编程零点，1 号刀具为 $\phi 20\text{mm}$ 、周边圆角为 $R5\text{mm}$ 的立铣刀，2 号刀具为 $\phi 20\text{mm}$ 球刀，3 号刀具为 $\phi 20\text{mm}$ 立铣刀
		O1000; G43 G00 X-40.0 Y-150.0 Z45.0 H01; M05 M00; G01 Z3.0 F400 S800 M03; G42 X-71.0 D01; Y150.0;	铣型面轮廓周边 $R5\text{mm}$ 底圆角的子程序。保证尺寸 $R5\text{mm}$ ，以及各壁的厚度 用 1 号刀具，1 号刀补

(续)

序号	操作项目	程序	操作内容及注意事项
1	铣型面轮廓周边 R5mm 底圆角	G40 X-34.234 Y61.053; G42 X-19.078 Y34.015; G03 X-19.078 Y-34.015 I19.078 J-34.015; G01 G40 X-20.0 Y-150.0; Z2.0; G42 X-35.0; Y-43.681; G02 X-19.364 Y-34.523 I10.5 J-10.0; G03 X-9.879 Y-38.33 I19.364 J34.523; G02 X-2.0 Y-48.498 I-2.621 J-10.168; G01 Y-115.0; X2.0; Y-48.498; G02 X9.879 Y-38.33 I10.5 J0; G03 X35.7 Y-17.097 I-9.879 J38.33; G01 Z45.0; G00 G40 X-20.0 Y150.0; G01 Z2.0; G41 X-35.0; Y43.681; G03 X-19.364 Y34.523 I10.5 J0; G02 Y-9.879 Y38.33 I19.364 J-34.523; G03 X-2.0 Y48.498 I-2.621 J10.168; G01 Y115.0; X2.0; Y48.498; G03 X9.879 Y38.33 I10.5 J0; G02 X35.7 Y17.097 I-9.879 J-38.33; G01 Z45.0; G00 G40 X320.0 Y140.0; Z4.0; G42 X337.0; Y-140.0; Z2.0; X340.0; Y140.0;	铣型面轮廓周边 R5mm 底圆角的子程序。保证尺寸 R5mm，以及各壁的厚度 用 1 号刀具，1 号刀补

(续)

序号	操作项目	程序	操作内容及注意事项
1	铣型面轮廓周边 R5mm 底圆角	Z45.0; G00 G40 X265.0 Y0; G01 Z3.0; G42 X290.35; Z2.0; G02 X277.96 Y-83.741 I-290.35 J0; X264.502 Y-90.645 I10.054 J3.029; G01 X236.763 Y81.139; G02 X230.1 Y-68.221 I3.388 J9.933; G03 X230.1 Y68.221 I-230.1 J68.221; G02 X236.763 Y81.139 I10.067 J2.985; G01 X264.502 Y90.645; G02 X277.96 Y-83.741 I3.404 J-9.933; X277.96 Y-83.741 I-277.96 J-83.741; G40 X263.676 Y-74.506; G03 X263.676 Y74.506 I-263.676 J74.506; G01 X257.991 Y72.558; G02 X257.991 Y-72.558 I-257.991 J-72.558; G01 X252.306 Y-70.609; G03 X252.306 Y70.609 I-252.306 J70.609; G01 X246.621 Y68.661; G02 X246.621 Y-68.661 I-246.621 J-68.661; G01 Z45.0; M99;	铣型面轮廓周边 R5mm 底圆角的子程序。保证尺寸 R5mm, 以及各壁的厚度 用1号刀具, 1号刀补
2	铣扇形框内外 R10mm 底圆角	O2000; G00 G43 X61.006 Y-29.215 Z45.0 H02; M05 M00; G01 Z3.0 F400 M03 S800; G41 X33.498 Y-16.042 D02; Z2.0; G02 X43.667 Y-10.1 I9.47 J-4.535;	铣扇形框内外 R10mm 底圆角的子程序, 保证 R10mm, 以及各壁的厚度 用2号刀具, 2号刀补

(续)

序号	操作项目	程序	操作内容及注意事项
2	铣扇形框内外 R10mm 底圆角	X71.439 Y-31.063 I-2.113 J-31.677; G01 X214.089 Y-96.972; X259.844 Y-117.634; G03 X277.857 Y-110.197 I5.407 J2.436; X287.404 Y-82.138 I-277.857 J10.197; G01 Z4.0; X287.168 Y-82.07; G03 X287.168 Y82.07 I-287.168 J82.07; G01 Z45.0; G00 G40 X61.006 Y29.215; G01 Z3.0; G41 X33.498 Y16.042; Z2.0; G03 X43.667 Y10.1 I9.47 J4.535; X71.439 Y31.063 I-2.113 J31.677; G01 X214.089 Y96.972; X259.844 Y117.634; G02 X277.857 Y110.197 I5.407 J-12.436; X287.404 Y82.138 I-277.857 J-110.197; G01 Z45.0; G00 G40 X60.0 Y0; G01 Z3.0; G42 X37.141; Z2.0; G03 X35.483 Y10.972 I-37.141 J0; G02 X38.358 Y21.757 I10.032 J3.102; X72.762 Y27.821 I21.875 J-23.483; G01 X204.861 Y81.843; G02 X218.76 Y75.552 I3.974 J-9.719; X218.76 Y-75.552 I-218.76J-75.552; X204.861 Y-81.843 I-9.925 J3.428; G01 X72.762 Y-27.821;	铣扇形框内外 R10mm 底圆角的子程序，保证 R10mm，以及各壁的厚度 用 2 号刀具，2 号刀补

(续)

序号	操作项目	程序	操作内容及注意事项
2	铣扇形框内外 R10mm 底圆角	G02 X38.358 Y-21.757 I-12.529 J29.547; X35.483 Y-10.972 I7.157 J7.683; X37.141 Y0 I-35.483 J10.972; G01 G40 X60.0; Z45.0; M99;	铣扇形框内外 R10mm 底圆角的子程序。保证 R10mm, 以及各壁的厚度 用 2 号刀具, 2 号刀补
3	铣周边外形以及 $\phi 70\text{mm}$ 孔	O3000; G00 G43 X-50.0 Y-150.0 Z45.0 H03; M05 M00; G01 Z-1.0 F400 S800 M03; G41 X-75.0 D03; Y130.25; G02 X35.0 Y139.75 I214.442 J-1841.417; X115.0 Y139.75 I40.0 J-996.159; X351.179 Y111.314 I-194.611 J-1580.496; G01 X351.179 Y111.314 I-194.611 J-1580.496; G01 X354.366 Y110.548; G02 X358.152 Y99.073 I-1.366 J-6.728; G03 X355.0 Y91.573 I7.348 J-7.5; G01 Y15.0; X370.0; Y-15.0; X355.0; Y-91.573; G03 X358.152 Y-99.073 I10.5 J0; G02 X354.366 Y-110.548 I-5.152 J-4.747; G01 X351.179 Y-111.314; G02 X235.0 Y-130.0 I-310.79 J1561.81; X115.0 Y-139.75 I-163.251 J1265.909; X35.0 Y-139.750 I-40.0 J888.439;	铣周边外形以及 $\phi 70\text{mm}$ 孔的子程序, 用 3 号刀具, 3 号刀补

(续)

序号	操作项目	程序	操作内容及注意事项
3	铣周边 外形以及 φ70mm 孔	X - 75.0 Y - 130.25 I104.442 J1850.917; G01 G40 X - 100.0 Y - 150.0; Z45.0; G00 X21.0 Y0; G01 Z6.0; Y10.0 Z5.0; Y - 10.0 Z3.5; Y10.0 Z2.0; Y - 10.0 Z0.5; Y10.0 Z - 1.0; Y0; G42 X35.0; G02 X35.0 Y0 I - 35.0 J0; G40 X21.0; G00 Z45.0; M99;	铣周边外形以及 φ70mm 孔的子 程序, 用 3 号刀具, 3 号刀补

五、相关知识

本例支架零件腹板厚度只有 2mm，且面积较大，加工时极易产生振动，可能会导致其壁厚公差及表面粗糙度要求难以达到。零件在加工后各处厚薄尺寸相差悬殊，除扇形框外，其他各处刚性较差，尤其是腹板两面切削余量相对值较大，故该零件在铣削过程中及铣削后都将产生较大变形。

职业技能鉴定样例 19

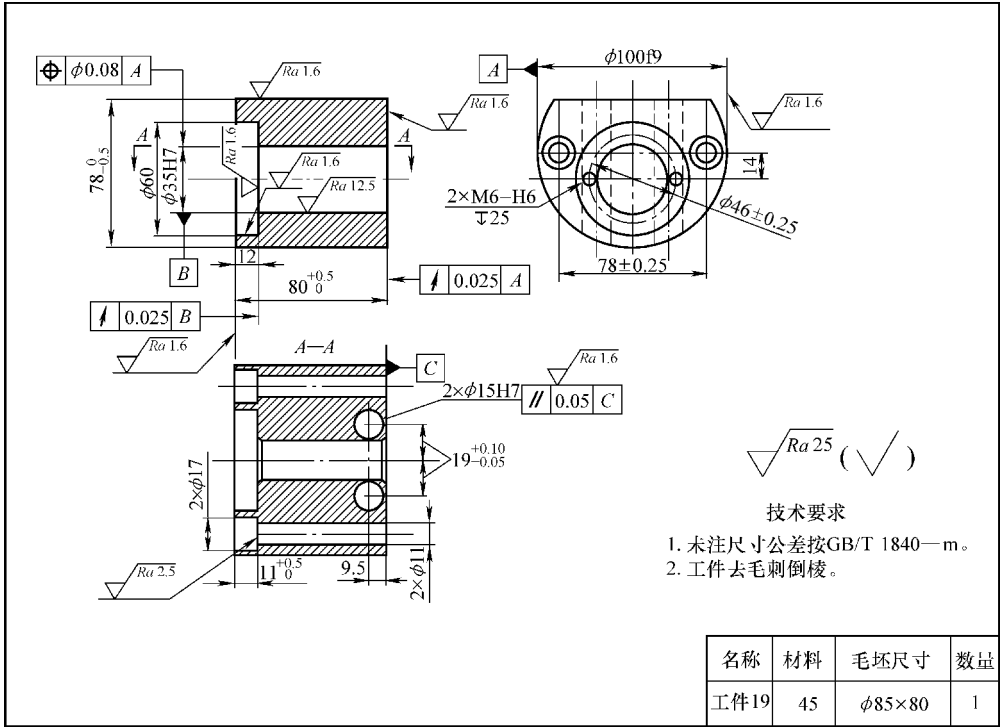
考核目标

- 1) 掌握子程序编程的应用方法。
- 2) 掌握支承套零件的加工方法。
- 3) 能编制数控程序进行支承套零件的加工。

一、考核要求

1. 总体要求

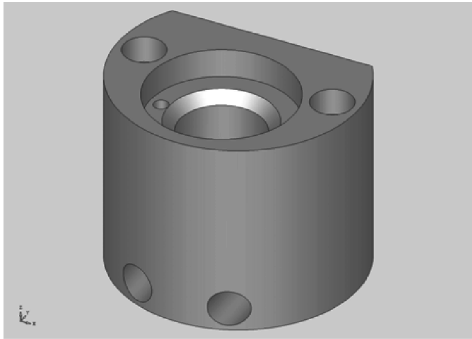
加工图 19-1 所示工件，试分析其加工工艺，并编写数控加工程序。本题分值为 100 分，考核时间为 240min。



a)

图 19-1 工件 19

a) 零件图



b)

图 19-1 工件 19（续）

b) 实体图

2. 配分及评分标准

- 1) 操作技能考核总成绩见表 1-1。
- 2) 现场操作规范评分见表 1-2。
- 3) 工件质量评分见表 19-1。

表 19-1 工件质量评分表

序号	考核内容	考核要点	配分	评分标准	得分
1	外形轮廓	12mm	2	超差不得分	
2		$80^{+0.5}_0$ mm	2	超差 0.1 mm 扣 1 分	
3		$78^{0}_{-0.5}$ mm	2	超差 0.1 mm 扣 1 分	
4		$\phi 60$ mm	2	超差不得分	
5		$\phi 100$ f 9	8	超差不得分	
6	螺纹	2 × M6 – H6	8	超差不得分	
7	孔	$\phi 35$ H7	4	超差不得分	
8		(78 ± 0.25) mm	2	超差不得分	
9		$\phi (46 \pm 0.25)$ mm	2	超差不得分	
10		2 × $\phi 15$ H7	8	超差不得分	
11		2 × $\phi 17$ mm	4	超差不得分	
12		2 × $\phi 11$ mm	4	超差不得分	
13		$19^{+0.01}_{-0.05}$ mm	6	超差 0.01mm 扣 2 分	
14		$11^{+0.5}_0$ mm	2	超差 0.1 mm 扣 2 分	
15		9.5mm	2	超差不得分	

(续)

序号	考核内容	考核要点	配分	评分标准	得分					
16	表面粗糙度和几何公差	$Ra1.6\mu m$	2	超差不得分						
17		$Ra3.2\mu m$	2	超差不得分						
18		<table border="1"><tr><td></td><td>$\phi 0.08$</td><td>A</td></tr></table>		$\phi 0.08$	A	2	超差不得分			
		$\phi 0.08$	A							
19		<table border="1"><tr><td></td><td>0.025</td><td>A</td><td></td><td>0.025</td><td>B</td></tr></table>		0.025	A		0.025	B	2	超差不得分
	0.025	A		0.025	B					
20	<table border="1"><tr><td>$///$</td><td>0.05</td><td>C</td></tr></table>	$///$	0.05	C	2	超差不得分				
$///$	0.05	C								
21	程序编制	指令正确，程序完整	4	不合理每处扣 1 分						
		数值计算正确，计算简化，有一定技巧	4	不合理每处扣 1 分						
		刀具补偿功能运用正确、合理	4	不合理每处扣 1 分						
		切削参数、坐标系选择正确	4	不合理每处扣 1 分						
22	加工工艺	工件定位、夹紧及刀具选择合理	4	不合理每处扣 2 分						
		加工顺序及刀具轨迹路线合理	4							
23	其他项目	工件完整、局部无缺陷	4	出现一处不得分						
		工件按时完成	4	超时不得分						
合 计										

二、加工准备

(1) 设备、材料准备 (见表 19-2)

表 19-2 设备、材料准备

序号	名 称	规 格	单位	数量	备 注
1	卧式加工中心	400mm × 800mm	台	1	
2	毛 坯	φ85mm × 80mm	件	1	

(2) 工、量、刃具准备 (见表 19-3)

表 19-3 工、量、刃具准备 (单位: mm)

序号	名 称	规 格	数量	备 注
1	游标卡尺	0.02/0 ~ 200	1	
2	游标万能角度尺	2' / 0° ~ 320°	1	

(续)

序号	名 称	规 格	数量	备 注
3	千分尺	50 ~ 75、75 ~ 100	各 1	
4	百分表	0. 01/0 ~ 10	1	
5	磁性表座		1	
6	内径量表	0. 01/18 ~ 35、0. 01/0 ~ 18、0. 01/35 ~ 50、 0. 01/50 ~ 70	各 1	
7	内径千分尺	0. 01/25 ~ 50 0. 01/0 ~ 25、0. 01/50 ~ 100	各 1	
8	游标深度卡尺	0. 02/0 ~ 100	1	
9	深度千分尺	0. 01/0 ~ 25	1	
10	塞尺	0. 02 ~ 1	1 副	
11	钻头	φ3 中心钻, φ5、φ11、φ14、φ31、φ14. 8	各 1	
12	机用铰刀	φ15H7 φ35H7	各 1	
13	立铣刀	φ32	1	
14	机用丝锥	M6	1	
15	可转位面铣刀	φ80	1	
16	精镗刀头	φ18 ~ φ35	1	
17	刀柄、夹头	以上刀具相关刀柄、钻夹头、弹簧夹	若干	
18	夹具	精密平口钳及垫铁	1	
19	其他	常用数控铣床辅具	若干	

三、零件加工要求分析

1. 图样分析

(1) 工件类型 该工件属于套类工件，主要加工平面和孔系。

(2) 工件材料及毛坯 该工件的材质为 45 钢。毛坯外形为 φ80mm × 85mm 棒料，在装夹时需专用夹具。

(3) 加工内容及要求 该工件主要由孔系组成。按照工件的形状特点，该工件的主要加工内容分为轮廓加工、孔加工两部分。

1) 轮廓加工。规则曲线轮廓，深度为 12mm，轮廓尺寸为 φ60mm，曲线底面表面粗糙度为 Ra1. 6μm，轮廓周边的表面粗糙度为 Ra6. 3μm。

2) 孔加工。

① 一个通孔 φ35H7，表面粗糙度为 Ra12. 5μm。

② 两个通孔 φ11mm，表面粗糙度为 Ra2. 5μm。

③ 两个沉孔 φ17mm，深 11^{+0. 5}₀mm，表面粗糙度为 Ra12. 5μm。

④ 两个螺孔 M6 - 6H，深 25mm。

⑤ 两个通孔 $\phi 15H7$ ，表面粗糙度为 $Ra1.6\mu m$ 。

2. 工艺分析

(1) 确定工艺基准 选择夹具， $\phi 35H7$ 、 $\phi 60mm$ 孔、 $2 \times \phi 11mm$ 孔及 $2 \times \phi 17mm$ 孔的设计基准均为 $\phi 100f9$ 外圆中心线，遵循基准重合原则，选择 $\phi 100f9$ 外圆中心线为主要定位基准。因为 $\phi 100f9$ 外圆不是整圆，所以用 V 形块作为主要定位组件。在支承套长度方向，若选择右端面定位，则难以保证 $\phi 17mm$ 孔深尺寸为 $11^{+0.5}_0 mm$ ，所以选择左端面定位。所用夹具为专用夹具，工件的装夹简图如图 19-2 所示。在装夹时应使工件上平面在夹具中保持垂直，以消除转动自由度。

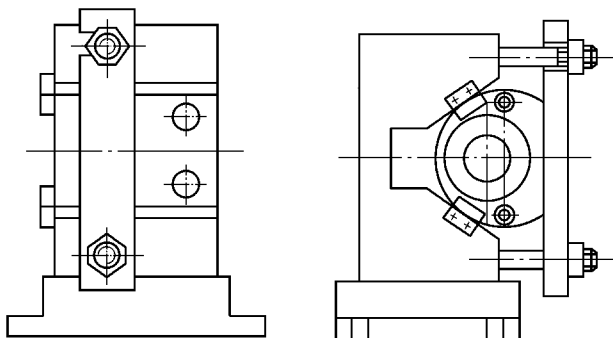


图 19-2 工件装夹简图

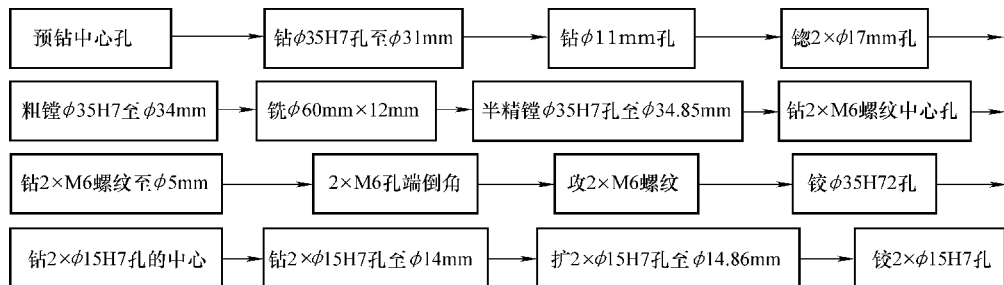
(2) 难点分析 该零件材料为不锈钢，毛坯选棒料。其中 $\phi 35H7$ 孔对 $\phi 100f9$ 外圆、 $\phi 60mm$ 孔底平面对 $\phi 35H7$ 孔、 $2 \times \phi 15H7$ 孔对端面 C 及端面 C 对 $\phi 100f9$ 外圆均有位置精度要求。为便于在加工中心上定位与夹紧，将 $\phi 100f9$ 外圆、 $80^{+0.5}_0 mm$ 尺寸两端面和 $78^{+0.5}_0 mm$ 尺寸上平面均安排在前面工序中由普通机床完成。其余加工表面确定在加工中心上一次完成。

(3) 工艺方案 通过对图样及加工难点的分析，该工件在两个工位上加工完成：

工位一：以工件 $\phi 100f9$ 外圆中心线和左端面找正定位夹紧，加工工件各孔系 $\phi 35H7$ 、 $2 \times \phi 11mm$ 、 $2 \times \phi 17mm$ 、 $\phi 60mm$ 、 $2 \times M6-6H$ ，保证各孔位置精度。

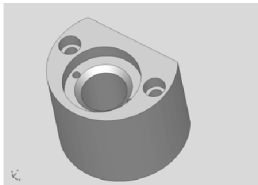
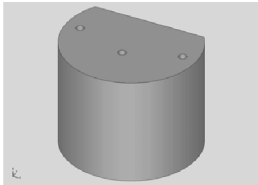
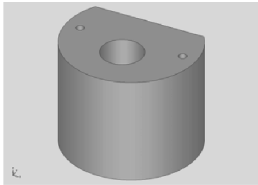
工位二：主要加工孔 $2 \times \phi 15H7$ ，保证孔的精度。

具体的加工路线如下：

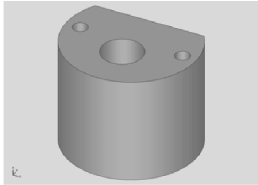
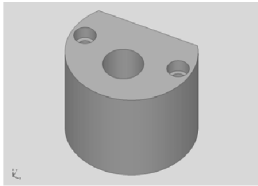
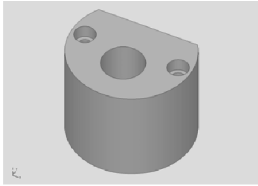


四、程序编制（见表 19-4）

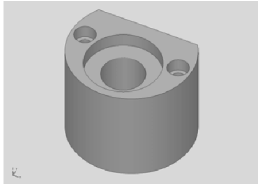
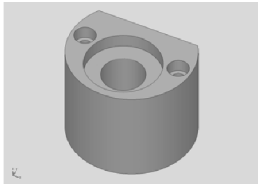
表 19-4 参考程序

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
1	预钻中心孔		O0012; G90 G94 G40 G21 G17 G54; M98 P13; M98 P14; M98 P15; M98 P16; M98 P17; M98 P18; M98 P19; M98 P20; M98 P21; M98 P22; M98 P23; M98 P24; M30;	支承套零件的加工第一工位主程序。以 $\phi 35\text{mm}$ 孔上表面中心为编程零点
			O0013; G91 G28 Z0.0; T01 M06; G90 G00 X0.0 Y0.0; G43 Z50.0 H01; M03 S1200; M08; G81 X0 Y0 Z-5.0 R2.0 F40; X14.0 Y39.0; Y-39.0; G49 G00 Z100.0 M05 M09; G91 G28 Z0; M09; M05; M99;	钻中心孔子程序。 用 01 号刀具，01 号刀具为 $\phi 3\text{mm}$ 中心钻 保证各个孔的定位尺寸（ 78 ± 0.25 ）mm，14mm
2	钻 $\phi 35\text{H7}$ 孔至 $\phi 31\text{mm}$		O0014; T13 M06; G90 G43 G00 Z50.0 H13; M03 S150; M08; G83 X0 Y0 Z-82.0 R2.0 P500 Q5.0 F30; G49 G00 Z100.0; G91 G28 Z0; M09; M05; M99;	钻 $\phi 35\text{H7}$ 孔至 $\phi 31\text{mm}$ ，用 13 号刀具，13 号刀具为 $\phi 31\text{mm}$ 锥柄麻花钻

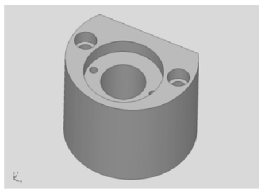
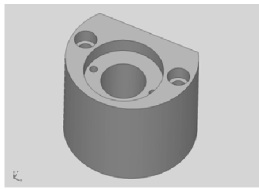
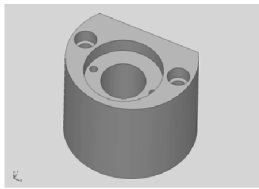
(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
3	钻 $\phi 11\text{mm}$ 孔		O0015; T02 M06; G90 G43 G00 Z50.0 H02; M03 S500; M08; G83 X14.0 Y39.0 Z - 82.0 R2.0 P500 Q5.0 F70; Y - 39.0; G49 G00 Z100.0; M09; M05; M99;	钻 $\phi 11\text{mm}$ 孔子程序。 用 02 号刀具, 02 号刀具为 $\phi 11\text{mm}$ 锥柄麻花钻 保证尺寸 $\phi 11\text{mm}$
4	镗 $2 \times \phi 17\text{mm}$ 孔		O0016; T03 M06; G90 G43 G00 Z50.0 H03; M03 S150; M08; G86 X14.0 Y39.0 Z - 11.0 R2.0 F15; Y - 39.0; G49 G00 X0 Z100.0 M09; G91 G28 Z0; M09; M05; M99;	镗 $2 \times \phi 17\text{mm}$ 孔子程序。 用 03 号刀具, 03 号刀具为 $\phi 17\text{mm}$ 锥柄埋头钻 保证尺寸 $\phi 17\text{mm}$
5	粗镗 $\phi 35\text{H7}$ 孔至 $\phi 34\text{mm}$		O0017; T04 M06; G90 G43 G00 Z50.0 H04; M03 S400; M08; G86 X0 Y0 Z - 82.0 R2.0 F30; G49 G00 Z100.0; G91 G28 Z0; M09; M05; M99;	粗镗 $\phi 35\text{H7}$ 孔至 $\phi 34\text{mm}$, 用 04 号刀具, 04 号刀具为 $\phi 34\text{mm}$ 镗刀

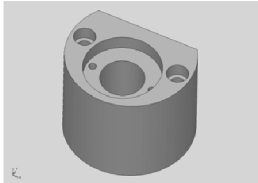
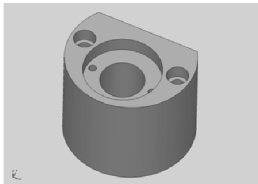
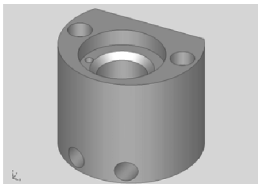
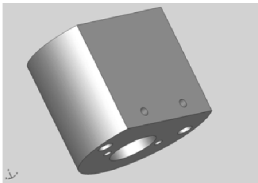
(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
6	铣 $\phi 60\text{mm} \times 12\text{mm}$		O0018; T05 M06; G90 G43 G00 Z50.0 H05; M03 S500; M08; Z-2.0; G01 Z-6.0 F200; G42 X29.05 Y0 F70 D05; G02 X29.05 Y0 I-29.05 J0 F70; G00 X0 Y0; G01 Z-11.05; G01 X29.05 Y0; G02 X29.05 Y0 I-29.05 J0 F70; G00 G40 X0; Z-2.0; G01 G42 Z-6.0 D05; G01 X30.0 Y0 F45; G02 X30.0Y0 I30.0 J0 F45; G00 X0 Y0; G01 Z-12.0; G01 X30.0 Y0; G02 X30.0Y0 I-30.0 J0 F45; G00 G40 X0 Y0; G49 G00 Z100.0; G91 G28 Z0; M09; M05; M99;	铣 $\phi 60\text{mm} \times 12\text{mm}$ 子程序。 用05号刀具, 05号刀具为 $\phi 32\text{mm}$ 立铣刀 保证尺寸 $\phi 60\text{mm}$
7	半粗镗 $\phi 35\text{H7}$ 孔至 $\phi 34.85\text{mm}$		O0019; T06 M06; G00 Z-10.0; G90 G43 G00 Z50.0 H06; M03 S450; M08; G76 X0 Y0 Z-82.0 R2.0 P500 F35; G49 G00 Z100.0 M09; G91 G28 Z0; M09; M05; M99;	半精镗 $\phi 35\text{H7}$ 孔至 $\phi 34.85\text{mm}$, 用06号刀具, 06号刀具为 $\phi 34.85\text{mm}$ 镗刀

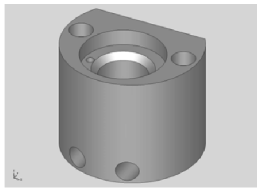
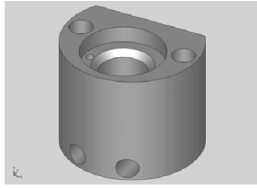
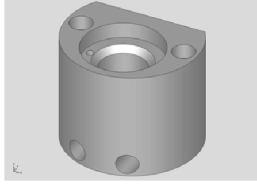
(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
8	钻 2 × M6 螺纹中心孔		O0020; T01 M06; G90 G43 G00 Z50.0 H01; S1200 M03; G81 X0 Y-23.0 Z-5.0 R2.0 F40; Y23.0; G49 G00 Z100.0; G91 G28 Z0; M09; M05; M99;	钻 2 × M6 螺纹中心孔子程序。用 01 号刀具
9	钻 2 × M6 螺纹至 $\phi 5\text{mm}$		O0021; T07 M06; G90 G43 G00 Z50.0 H07; M03 S650; G83 X0 Y-23.0 Z-82.0 R2.0 Q3 F35; Y23.0; G49 G00 Z100.0; G91 G28 Z0; M09; M05; M99;	钻 2 × M6 螺纹至 $\phi 5\text{mm}$ 子程序。用 07 号刀具, 07 号刀具为 $\phi 5\text{mm}$ 直柄麻花钻
10	2 × M6 孔端倒角		O0022; T02 M06; G90 G43 G00 Z50.0 H02; M03 S500; G00 X0 Y-23.0 Z2.0; G01 Z-1.0 F20; G00 Z2.0; X0 Y23.0; G01 Z-1.0 F20; G49 G00 Z100.0; G91 G28 Z0; M09; M05; M99;	2 × M6 孔端倒角子程序。用 02 号刀具

(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
11	攻 2 × M6 螺纹		O0023; T08 M06; G90 G43 G00 Z50.0 H08; M03 S100; M08; G84 X0 Y-23.0 Z-25.0 R5.0 F100; Y23.0; G80; G49 G00 Z100.0; G91 G28 Z0; M09; M05; M99;	攻 2 × M6 螺纹子程序。用 08 号刀具, 08 号刀具为 M6 机用丝锥
12	铰 $\phi 35H7$ 孔		O0024; T09 M06; G90 G43 G00 Z50.0 H09; M09 S100; G00 X0 Y0; Z-10.0 M08; G01 Z-82.0 F50; Z-10.0 M09 M05; G49 G00 Z100.0; G91 G28 Z0; M09; M05; M99;	铰 $\phi 35H7$ 孔子程序。用 09 号刀具, 09 号刀具为 $\phi 35\text{mm}$ 铰刀 保证尺寸 $\phi 35H7$
13	钻 2 × $\phi 15H7$ 孔的中心孔		O0025; G90 G94 G40 G21 G17 G54; M98 P26; M98 P27; M98 P28; M98 P29; M30;	支承套零件的加工 第二工位主程序
			O0026; G91 G28 Z0; T01 M06; G90 G43 G00 Z50.0 H01; S1200 M03; G81 X-9.05 Y19.0 Z-3.0 R5.0 F40; Y-19.0; G49 G00 Z100.0; G91 G28 Z0; M09; M05; M99;	钻 2 × $\phi 15H7$ 孔的中心孔子程序。用 01 号刀具 保证尺寸 $19^{+0.10}_{-0.05}\text{mm}$

(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
14	钻 $2 \times \phi 15$ H7 孔至 $\phi 14\text{mm}$		O0027; T10 M06; G90 G43 G00 Z50.0 H10; M03 S450; M08; G83 X-9.05 Z-85.0 Y19.0 R5.0 Q3.0 F60; Y-19.0; G49 G00 Z50.0; G91 G28 Z0; M09; M05; M99;	钻 $2 \times \phi 15\text{H7}$ 孔至 $\phi 14\text{mm}$ 子程序, 用 10 号刀具, 10 号刀具为 $\phi 14\text{mm}$ 锥柄麻花钻
15	扩 $2 \times \phi 15$ H7 孔至 $\phi 14.86\text{mm}$		O0028; T11 M06; G90 G43 G00 Z50.0 H11; M03 S200; G81 X-9.05 Z-85.0 Y19.0 R5.0 M08; G01 Y-19.0; G49 G00 Z100.0; G91 G28 Z0; M09; M05; M99;	扩 $2 \times \phi 15\text{H7}$ 孔至 $\phi 14.86\text{mm}$ 子程序。用 11 号刀具, 11 号刀具为 $\phi 14.86\text{mm}$ 扩孔钻
16	铰 $2 \times \phi 15$ H7 孔		O0029; T12 M06; G90 G43 H12 G00 Z50.0 M03 S100; G81 X-9.05 Y19.0 Z-85.0 R5 F60 M08; G01 Y-19.0 F60; G49 G00 Z100.0; G91 G28 Z0; M09; M05; M99;	铰 $2 \times \phi 15\text{H7}$ 孔子程序, 用 12 号刀具, 12 号刀具为 $\phi 15\text{mm}$ 铰刀

五、样例小结

本例支承套零件所有孔都是在实体上加工的, 为防钻偏, 均先用中心钻钻孔, 然后再钻孔。为保证 $\phi 35\text{H7}$ 及 $2 \times \phi 15\text{H7}$ 孔的精度, 根据其尺寸, 选择铰削作为其最终加工方法。

职业技能鉴定样例 20

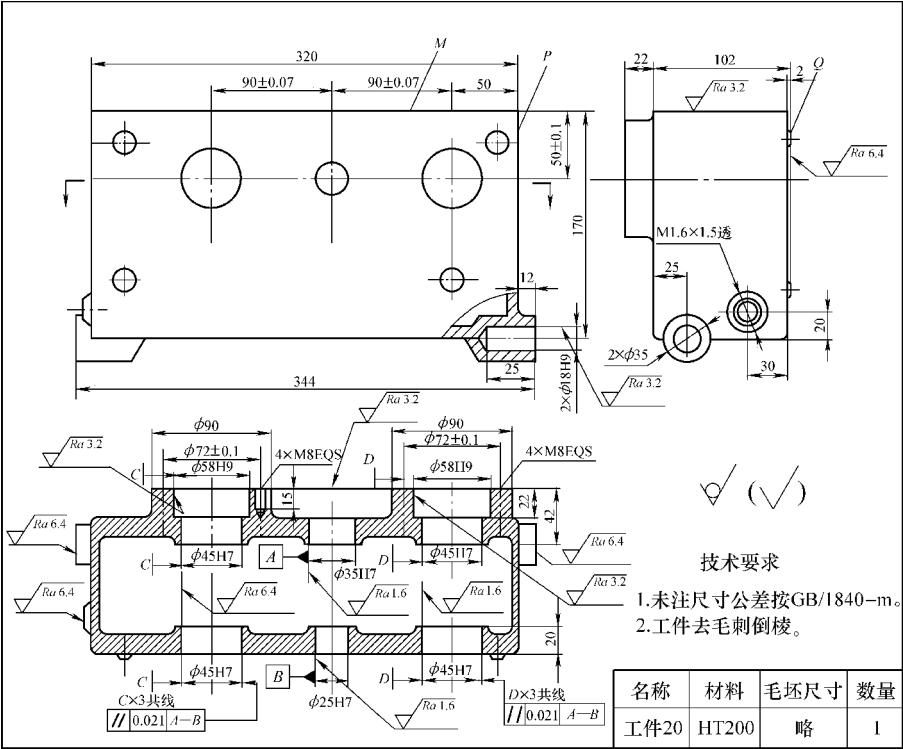
考核目标

- 1) 掌握子程序编程的应用方法。
- 2) 掌握减速箱体零件的加工方法。
- 3) 能编制数控程序进行减速箱体零件的加工。

一、考核要求

1. 总体要求

加工图 20-1 所示工件，试分析其加工工艺，并编写数控加工程序。本题分值为 100 分，考核时间为 240min。



a)

图 20-1 工件 20

a) 零件图

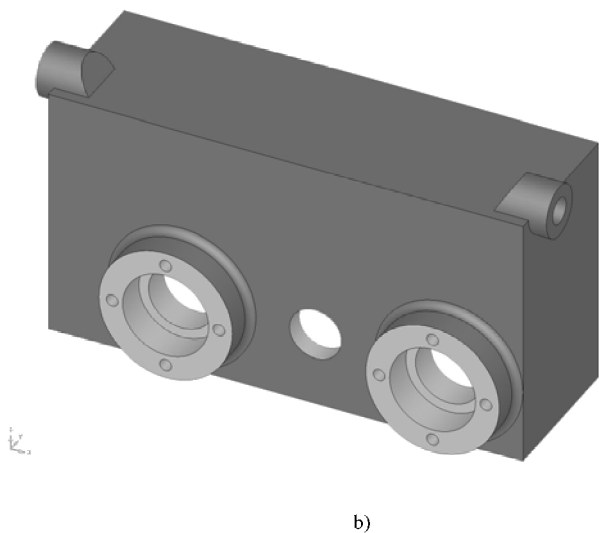


图 20-1 工件 20 (续)
b) 实体图

2. 配分及评分标准

- 1) 操作技能考核总成绩见表 1-1。
- 2) 现场操作规范评分见表 1-2。
- 3) 工件质量评分见表 20-1。

表 20-1 工件质量评分表

序号	考核内容	考核要点	配分	评分标准	得分
1	尺寸	$\phi 58H9$	6	超差不得分	
2		$\phi 45H7$	6	超差不得分	
3		$\phi 35H7$	6	超差不得分	
4		$2 \times \phi 18H9$	12	超差不得分	
5		$\phi 25H7$	6	超差不得分	
6		$(90 \pm 0.07) \text{ mm}$	4	超差不得分	
7		$(50 \pm 0.1) \text{ mm}$	4	超差不得分	
8		$8 \times M8$	12	超差一处扣 2 分	
9		$\phi (72 \pm 0.1) \text{ mm}$	6	超差不得分	
10	表面粗糙度和几何公差	$Ra1.6\mu\text{m}$	3	超差不得分	
11		$Ra3.2\mu\text{m}$	3	超差不得分	
12		$Ra6.4\mu\text{m}$	3	超差不得分	
13		$ / / 0.021 A-B $	5	超差不得分	

(续)

序号	考核内容	考核要点	配分	评分标准	得分
14	程序编制	指令正确，程序完整	2	不合理每处扣 1 分	
		数值计算正确，计算简化，有一定技巧	2	不合理每处扣 1 分	
		刀具补偿功能运用正确、合理	2	不合理每处扣 1 分	
		切削参数、坐标系选择正确	2	不合理每处扣 1 分	
15	加工工艺	工件定位、夹紧及刀具选择合理	4	不合理每处扣 2 分	
		加工顺序及刀具轨迹路线合理	4		
16	其他项目	工件完整、局部无缺陷	4	出现一处不得分	
		工件按时完成	4	超时不得分	
合 计					

二、加工准备

(1) 设备、材料准备（见表 20-2）

表 20-2 设备、材料准备

序号	名 称	规 格	单位	数量	备 注
1	卧式加工中心	400mm×800mm	台	1	
2	铸造毛坯	材料为 HT200	件	1	

(2) 工、量、刃具准备（见表 20-3）

表 20-3 工、量、刃具准备 (单位：mm)

序号	名 称	规 格	数量	备 注
1	游标卡尺	0.02/0～200	1	
2	游标万能角度尺	2′/0°～320°	1	
3	百分表	0.01/0～10	1	
4	磁性表座		1	
5	内径量表	0.01/18～35，0.01/35～50	1	
6	内径千分尺	0.01/25～50，0.01/50～75	1	
7	游标深度卡尺	0.02/0～100	1	

(续)

序号	名 称	规 格	数 量	备 注
8	深度千分尺	0.01/0 ~ 25	1	
9	塞尺	0.02 ~ 1	1 副	
10	钻头	$\phi 3$ 中心钻, $\phi 6.8$ 、 $\phi 16$ 、 $\phi 25$ 、 $\phi 35$	各 1	
11	机用丝锥	M8	1	
12	立铣刀	$\phi 18$ 、 $\phi 20$	各 1	
13	可转位面铣刀	$\phi 80$	1	
14	精镗刀头	$\phi 18 \sim \phi 35$, $\phi 35 \sim \phi 50$	各 1	
15	刀柄、夹头	以上刀具相关刀柄、钻夹头、弹簧夹	若干	
16	夹具	精密平口钳及垫铁	1	
17	其他	常用数控铣床辅具	若干	

三、零件加工要求分析

1. 图样分析

(1) 工件类型 该工件属于箱体工件, 主要加工平面和孔系。

(2) 工件材料及毛坯 该工件的材质为 HT200。毛坯外形基本铸出, 并预铸出毛坯孔。

(3) 加工内容及要求 该工件主要由平面和孔系组成。按照工件的形状特点, 该工件的主要加工内容分为平面加工和孔加工两部分。

1) 平面加工。铣工件一侧面, 其表面粗糙度为 $Ra3.2\mu m$ 。

2) 孔加工。

① 一个通孔 $\phi 35H7$, 表面粗糙度为 $Ra1.6\mu m$ 。

② 两个通孔 $\phi 45H7$, 表面粗糙度为 $Ra1.6\mu m$ 。

③ 八个螺孔 M8, 保证位置精度。

2. 工艺分析

(1) 确定工艺基准

1) 箱体加工定位基准的选择。

① 粗基准的选择。粗基准的选择对零件主要有两个方面影响, 即影响零件上加工表面与不加工表面的位置和加工表面的余量分配。减速箱上的支承轴孔是主要表面, 毛坯上已预铸出毛坯孔, 要求它的加工余量均匀, 从这一点出发, 应选择轴孔为粗基准。本箱体不加工面中, 内壁面与加工面(轴孔)间的位置关系很重要, 因为箱体中的大齿轮与不加工内壁间隙很小(5mm), 若是加工出的轴承孔与内壁有较大的位置误差, 会使大齿轮与内壁相碰。因此应选择内壁为粗基准, 但是夹具的定位结构不易实现以内壁定位。但由于铸造时内壁和轴孔是同一个型芯形成的,

以轴孔为粗基准可同时满足上述两方面的要求,因此实际生产中,一般以轴孔为粗基准。本零件以轴孔为粗基准划加工平面的线,加工时按线找正,装夹工件,即粗基准是以划线基准来体现的。

② 精基准的选择。选择精基准主要是应能保证加工精度,所以一般优先考虑基准重合原则,本零件的设计基准是上盖面、凸台面及一侧外壁。根据基准重合的原则,选设计基准为精基准。

2) 箱体加工顺序的安排。箱体机械加工顺序的安排一般应遵循以下原则:

① 先基准面,后其他面。指在零件加工顺序上一般规律是先加工精基准面,后加工其他表面,也称为基准先行原则。先用粗基准定位加工出精基准面,可以为下一步加工提供一个精确、可靠的定位基准面。根据基准重合原则,本零件选择精基准为 M 面,加工过程是:首先按线找正装夹工件,铣 Q 面;然后以 Q 面定位,装夹工件,铣削 M 面。之所以这样安排,是因为 M 面比较窄,加工 M 面需要采用 Q 面定位,为保证加工 M 面时工件定位准确、可靠,在加工 M 面前先加工工艺基准面—— Q 面。

② 先面后孔。箱体加工顺序的一般规律是先加工平面,后加工孔。先加工平面,为孔加工提供可靠的定位基准,再以平面为精基准定位加工孔。由于箱体上的孔分布在平面上,先加工平面可以去除铸件毛坯表面的凹凸不平、夹砂等缺陷,对孔加工有利,如可减小钻头的歪斜,可防止刀具崩刃,同时对刀调整也方便。

③ 先安排粗加工,后安排精加工。

④ 先主后次。箱体上用于紧固的螺孔、小孔等可视为次要表面。因为这些次要孔往往需要依据主要表面(轴孔)定位,所以这些螺孔的加工应在轴孔加工后进行。对于次要孔与主要孔相交的孔系,必须先完成主要孔的精加工,再加工次要孔,否则会使主要孔的精加工产生断续切削和振动,影响主要孔的加工质量。

(2) 难点分析 箱体零件是机器或部件的基础零件,它承载着轴、轴承、齿轮等有关零件,联接成部件或机器,因此箱体零件的加工质量至关重要,它影响机器的装配精度、工作精度、使用性能和寿命。本例所示零件为机床运屑器使用的两级变速的减速箱体,属于中批量生产,零件的材料为 HT200 铸铁。一般来说,箱体零件的结构较复杂,内部呈腔形,其加工表面主要是平面和孔。对箱体类零件应针对平面和孔的技术要求进行分析。

1) 平面的精度要求。该减速箱体零件的设计基准是其上盖面(M 面),它有较高的平面度和较小表面粗糙度值要求。四个小凸台面(Q 面)是为工艺需要而设置的辅助基准,是工艺基准。两个凸缘端面用于安装轴承端盖。

2) 孔系的主要技术要求。箱体上有孔间距和同轴度要求的一系列孔,称为孔系。本减速箱体的孔系是三组轴承支承孔,用于安装轴承。为保证箱体孔与轴承外圈配合及轴的回转精度,孔的尺寸精度为Ⅲ,孔的同轴度应由尺寸精度控制;为保证箱体中安装的齿轮副啮合精度,对箱体孔轴线间的间距尺寸、孔轴线间的平行度

均有较高的要求。

3) 孔系与平面间的位置精度。由尺寸 $50\text{mm} \pm 0.1\text{mm}$ 公差控制三排孔和减速箱体的 M 面位置精度。

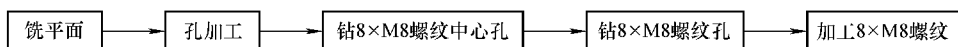
此外,该减速箱体是一个小箱体,它的装配基准是同一轴线的两孔: $2 \times \phi 18\text{H}9$ 。

(3) 工艺方案 通过对图样及加工难点的分析,该工件可以分两道工序完成:

工序一:以工件 Q 面和 M 面找正定位夹紧,加工工件一侧面,保证其与基准面的位置度。

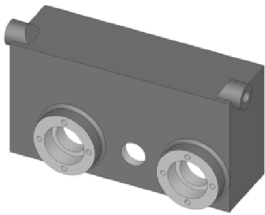
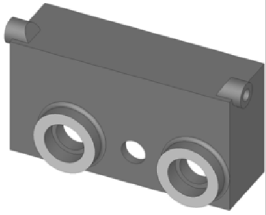
工序二:以工件 Q 面和 M 面找正定位夹紧,加工工件各孔系 $\phi 35\text{H}7$, $\phi 25\text{H}7$, $\phi 45\text{H}7$, $8 \times \text{M}8$, 保证各孔精度要求。

具体的加工路线如下:

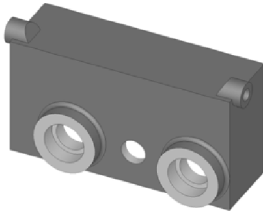


四、程序编制 (见表 20-4)

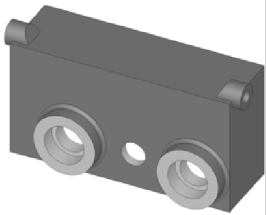
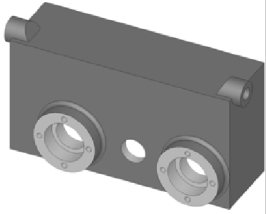
表 20-4 参考程序

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
1	铣平面		O0013; G54 G90 G49 G80 G40; G28 Z200.0; M98 P0050; M98 P0051; M98 P0052; M98 P0053; M98 P0054; M30;	减速箱体加工主程序。箱体本身为铸造件,主要加工表面为孔,本程序以箱体表面 $\phi 35\text{mm}$ 孔中心为编程零点
			O0050; G28 Z100.0; T01 M06; S300 M03; M08; G00 X230.0 Y0; G43 Z50.0 H01; Z0; G01 X-230.0 F60; G00 Z200.0; G49 Z200.0; M09; M05; M99;	铣平面子程序。图中浅色区域为加工区域,保证尺寸 22mm 用 01 号刀具,01 号刀具为 $\phi 80\text{mm}$ 面铣刀

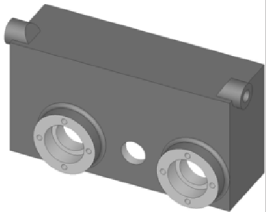
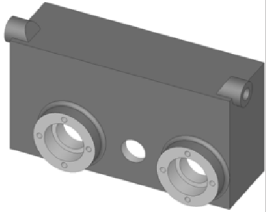
(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
2	孔加工		<pre>O0051; G28 Z200.0; T02 M06; S300 M03; M08; G43 Z100.0 H02; G98 G81 X0 Y0 Z - 45.0 R - 18.0 F80; G00 Z100.0; G49 Z200.0; G28 Z200.0; T03 M06; S300 M03; G00 Y0 X200.0; G43 Z50.0 H03; G98 G81 X0 Y0 Z - 130.0 R - 98.0 F80; G00 Z100.0; G49 Z100.0; G28 Z200.0; T04 M06; S300 M03; G00 Y0 X200.0; G43 Z50.0 H04; G99 G85 X90.0 Y0 Z - 45.0 R5.0 F80; G98 G85 X90.0 Y0 Z - 125.0 R - 98.0; G00 Z50.0; G99 G85 X - 90.0 Y0 Z - 45.0 R5.0 F80; G98 G85 X - 90.0 Y0 Z - 125.0 R - 98.0; G00 G80 Z100.0; G49 Z100.0; G28 Z200.0; T05 M06; S300 M03; G00 Y0 X200.0; G43 Z100.0 H04;</pre>	各孔的加工子程序。 加工区域为图中浅 颜色部分，保证尺寸 $\phi 35H7$，$\phi 25H7$，$\phi 45H7$， (90 ± 0.07)mm，($50 \pm$ 0.1)mm 02 号刀具为 $\phi 35$mm 锥柄钻头，03 号刀具 为 $\phi 25$mm 锥柄钻头， 04 号刀具为 $\phi 45$mm 镗 刀，05 号刀具为 $\phi 58$mm 镗刀

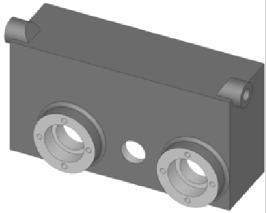
(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
2	孔加工		G99 G85 X90.0 Y0 Z-22.0 R5.0 F80; X-90.0; G00 G80 Z50.0; G49 Z100.0; G28 Z200.0; M09; M05; M99;	各孔的加工子程序。 加工区域为图中浅颜色部分, 保证尺寸 $\phi 35H7$, $\phi 25H7$, $\phi 45H7$, (90 ± 0.07)mm, (50 ± 0.1)mm 02 号刀具为 $\phi 35$ mm 锥柄钻头, 03 号刀具为 $\phi 25$ mm 锥柄钻头, 04 号刀具为 $\phi 45$ mm 镗刀, 05 号刀具为 $\phi 58$ mm 镗刀
3	钻 $8 \times M8$ 螺纹中心孔		O0052; G90 G54 G00 Z100.0; G28 Z200.0; T06 M06; S300 M03; M08; G00 Y0 X0; G43 Z50.0 H06; G52 X90.0 Y0 Z22.0; G00 X0 Y0 Z50.0; G17 G16; G81 X26.0 Y45.0 Z-3.0 R3.0 F20; Y135.0; Y225.0; Y315.0; G15 G80; G54 G00 X0 Y0 Z50.0; G52 X-90.0 Y0 Z22.0; G00 X0 Y0 Z100.0; G17 G16; G81 X36.0 Y45.0 Z-3.0 R3.0 F20; Y135.0; Y225.0; Y315.0; G15 G80; G54 G00 X0 Y0 Z60.0; G00 G80 Z100.0; G49 Z100.0; M09; M05; M99;	钻 $8 \times M8$ 螺纹中心孔子程序。 保证尺寸 $\phi (72 \pm 0.1)$ mm 06 号刀具为 $\phi 3$ mm 中心钻

(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
4	钻 $8 \times M8$ 螺纹孔		<pre> O0053; G90 G54 G00 Z100.0; G28 Z200.0; T07 M06; S300 M03; M08; G00 Y0 X0; G43 Z50.0 H04; G52 X90.0 Y0 Z22.0; G00 X0 Y0 Z50.0; G17 G16; G81 X36.0 Y45.0 Z-22.0 R3.0 F20; Y135.0; Y225.0; Y315.0; G15 G80; G54 G00 X0 Y0 Z60.0; G52 X-90.0 Y0 Z22.0; G00 X0 Y0 Z100.0; G17 G16; G81 X36.0 Y45.0 Z-22.0 R3.0 F20; Y135.0; Y225.0; Y315.0; G15 G80; G54 G00 X0 Y0 Z60.0; G49 Z100.0; M09; M05; M99; </pre>	钻 $8 \times M8$ 螺纹孔, 保证深度尺寸 15mm 07 号刀具为 $\phi 6.8\text{mm}$ 钻头
5	加工 $8 \times M8$ 螺纹		<pre> O0054; G54 G00 G80 G49 Z100.0; G28 Z200.0; T08 M06; G90 G43 G00 Z100.0 H08; M03 S100; M08; G52 X90.0 Y0 Z22.0; G00 X0 Y0 Z50.0; G17 G16 M07; G84 X36.0 Y45.0 Z-15.0 R6.0 F125; </pre>	$8 \times M8$ 螺纹加工子 程序 08 号刀具为 M8 丝锥

(续)

序号	操作项目	图示	程序	操作内容及注意事项
5	加工 8 × M8 螺纹		<pre>Y135.0; Y225.0; Y315.0; G15 G80; G54 G00 X0 Y0 Z60.0; G52 X-90.0 Y0 Z22.0; G00 X0 Y0 Z100.0; G17 G16; G84 X36.0 Y45.0 Z-15.0 R6.0 F125; Y135.0; Y225.0; Y315.0; G15 G80 M09; G54 G00 X0 Y0 Z60.0; G49 Z100.0; M09; M05; M99;</pre>	8 × M8 螺纹加工子程序 08 号刀具为 M8 丝锥

五、样例小结

本例零件的加工重点在于保证所加工孔的同轴度要求，难点在于工作台回转后，工件坐标系零点的确定。

参 考 文 献

- [1] 袁锋. 全国数控大赛试题精选 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2005.
- [2] 沈建峰, 黄俊刚. 数控铣床/加工中心技能鉴定考点分析和试题集萃 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2007.



国家职业资格培训教材

操作技能鉴定试题集锦与考点详解系列:

数控铣工/加工中心操作工(中级)操作技能鉴定实战详解

数控铣工/加工中心操作工(高级)操作技能鉴定试题集锦与考点详解

数控铣工/加工中心操作工(技师、高级技师)操作技能鉴定试题集锦与考点详解

数控车工(中级)操作技能鉴定实战详解

数控车工(高级)操作技能鉴定试题集锦与考点详解

数控车工(技师、高级技师)操作技能鉴定试题集锦与考点详解

车工(技师、高级技师)操作技能鉴定实战详解

机械工业职业技能鉴定考核题库(第2版):

车工技能鉴定考核题库(第2版)

钳工技能鉴定考核题库(第2版)

铣工技能鉴定考核题库(第2版)

机修钳工技能鉴定考核题库(第2版)

机械识图与制图技能鉴定考核题库(第2版)

机械基础技能鉴定考核题库(第2版)

地址:北京市百万庄大街22号

邮政编码:100037

电话服务

社服务中心:010-88361066

销售一部:010-68326294

销售二部:010-88379649

读者购书热线:010-88379203

网络服务

教材网: <http://www.cmpedu.com>

机工官网: <http://www.cmpbook.com>

机工官博: <http://weibo.com/cmp1952>

封面无防伪标均为盗版

更多职业技能培训、
鉴定教材,请关注:
机工技能教育



上架指导 工业技术/机械工程/机械加工

ISBN 978-7-111-47446-3

策划编辑◎荆宏智 赵磊磊/封面设计◎鞠杨

ISBN 978-7-111-47446-3



9 787111 474463 >

定价: 35.00元